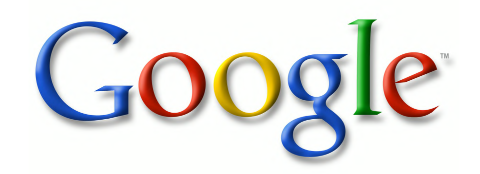


LES ACTUALITÉS MÉDICALES

DELHERM ET LAQUERRIÈRE

# L'Ionothérapie Electrique

J.-B. BAILLIÈRE & FILS

# LES ACTUALITÉS MÉDICALES

**COLLECTION NOUVELLE de volumes in-16, 96 pages, cart., 1 fr. 50**

| | |
|---|---|
| **Mouches et Choléra**, par CHANTEMESSE et BOREL. 1 vol. | 1 50 |
| **La Déchloruration**, par WIDAL et JAVAL. 1 vol. | 1 50 |
| **L'Appendicite**, par le Dr BROCA, agrégé à la Faculté de Paris. 1 vol. | 1 50 |
| **Diagnostic de l'Appendicite**, par le Dr AUVRAY. 1 vol. | 1 50 |
| **La Gastrostomie**, par BRAQUEHAYE, agr. à la Fac. de Bordeaux. 1 v. | 1 50 |
| **Cancer et Tuberculose**, par CLAUDE, méd. des hôp. de Paris. 1 vol. | 1 50 |
| **La Fatigue oculaire**, par le Dr DOR. 1 vol. | 1 50 |
| **Les Albuminuries curables**, par J. TEISSIER, 2e *édition*. 1 v. | 1 50 |
| **Le Rhumatisme articulaire**, par les Drs TRIBOULET et COYON. 1 vol. | 1 50 |
| **Le Pneumocoque**, par Adrien LIPPMANN, interne des hôpitaux. 1 v. | 1 50 |
| La Protection de la Santé publique, par le Dr MOSNY. 1 vol. | 1 50 |
| **Le Traitement des Névralgies et des Névrites**, par PLICQUE. 1 vol. | 1 50 |
| **Les Maladies du Cuir chevelu**, par le Dr GASTOU. 1 vol. | 1 50 |
| **Les Oxydations de l'organisme**, par ENRIQUEZ et SICARD. 1 vol. | 1 50 |
| **Les Dilatations de l'Estomac**, par le Dr SOUPAULT. 1 vol. | 1 50 |
| **La Démence précoce**, par les Drs DENY et ROY. 1 vol. | 1 50 |
| **Chirurgie intestinale d'urgence**, par le Dr MOUCHET. 1 vol. | 1 50 |
| **Chirurgie nerveuse d'urgence**, par le Dr CHIPAULT. 1 vol. | 1 50 |
| **Les Accidents du travail**, par le Dr GEORGES BROUARDEL. 2e *édit.* 1 v. | 1 50 |
| **Le Cytodiagnostic**, par le Dr MARCEL LABBÉ. 1 vol. | 1 50 |
| **Le Sang**, par le Dr MARCEL LABBÉ. 1 vol. | 1 50 |
| **Le Cloisonnement vésical**, par le Dr F. CATHELIN. 1 vol. | 1 50 |
| **Traitement chirurgical des néphrites**, par le Dr POUSSON. 1 vol. | 1 50 |
| **L'Odorat et ses Troubles**, par le Dr COLLET. 1 vol. | 1 50 |
| **Les Rayons N et les Rayons N'**, par le Dr BORDIER. 1 vol. | 1 50 |
| **Le Traitement de la Surdité**, par le Dr CHAVANNE. 1 vol. | 1 50 |
| **Le Traitement de la Constipation**, par le Dr FROUSSARD. 1 vol. | 1 50 |
| **Trachéobronchoscopie et Œsophagoscopie**, par le Dr GUISEZ. 1 v. | 1 50 |
| **Moustiques et Fièvre jaune**, par le Pr CHANTEMESSE et Dr BOREL. 1 v. | 1 50 |
| **Technique de l'Exploration du Tube digestif**, par le Dr R. GAULTIER. | 1 50 |
| **Les Traitements des Entérites**, par le Dr JOUAUST. | 1 50 |

# Atlas Manuels de Médecine

**Atlas Manuel de Médecine et de Chirurgie des Accidents,** par Golibiewski. Edit. franç. par Riche, chirurgien des hôpitaux. 1 vol. in-16, av. pl., relié ........ 20 fr.

**Atlas Manuel de Chirurgie orthopédique,** par Luning-Schulthess. Edit. franç. par Villemin, chirurg. des hôp. 1 vol. in-16, pl. col., rel.. 16 fr.

**Atlas Manuel des Maladies vénériennes,** par Mracek. 2ᵉ Edit. française par le Dʳ Emery. 1 vol. in-16 avec 71 planches coloriées, relié... 20 fr.

**Atlas Manuel des Maladies de la Peau,** par Mracek. 2ᵉ Éd. franç. par le Dʳ Hudelo, médecin des hôpitaux. 1 vol. in-16, avec 65 pl. col. rel. 24 fr.

**Atlas Manuel des Bandages,** par Hoffa. Edition française par P. Hallopeau. 1 vol. in-16 de 200 p. avec 118 pl. en couleurs, relié. 14 fr.

**Atlas Manuel de Chirurgie opératoire,** par O. Zuckerkandl. 2ᵉ Edition franç. par A. Mouchet. 1 vol. in-16 de 268 p., avec 24 pl. col., et 271 fig. 16 fr.

**Atlas Manuel de Diagnostic clinique,** par C. Jakob, 3ᵉ édit. franç. par le Dʳ A. Letienne. 1 vol. in-16, avec 68 pl. color. rel ........ 15 fr.

**Atlas Manuel des Fractures et Luxations,** par Helferich. 2ᵉ édition française par le Dʳ P. Delbet. 1 vol. in-16, avec 64 pl. col., relié. 20 fr.

**Atlas Manuel des Maladies de l'Oreille,** par Bruhl-Politzer. Edit. franç. par le Dʳ Georges Laurens. 1 vol. in-16, avec pl. col., rel....... 18 fr.

**Atlas Manuel des Maladies du Larynx,** par L. Grunwald. 2ᵉ édit. française par le Dʳ Castex, chargé du cours de laryngologie à la Faculté de Paris et P. Collinet. 1 vol. in-16 de 255 pages, avec 44 pl. col. 14 fr.

**Atlas Manuel des Maladies de la Bouche, du Pharynx, des Fosses nasales,** par Grunwald. Edit. franç., par Laurens. 1 vol. in-16 avec 40 pl. col., rel ........ 14 fr.

**Atlas Manuel des Maladies externes de l'Œil,** par O. Haab. 2ᵉ Edition française par A. Terson, 1 vol. in-16, 300 pages, avec 40 pl. col. 16 fr.

**Atlas Manuel d'Ophtalmoscopie,** par O. Haab. 3ᵉ édition française, par A. Terson. 1901. 1 vol. in-16 de 279 p., avec 80 planches color... 15 fr.

**Atlas Manuel de Chirurgie oculaire,** par Haab. Edition française, par le Dʳ Monthus. 1 vol. in-16, avec planches, relié........ 16 fr.

**Atlas Manuel de Médecine légale,** par Hofmann. 2ᵉ édit. franç. par le Dʳ Vibert. 1 vol. in-16 de 170 p., 56 pl. col. et 193 fig., relié...... 18 fr.

**Atlas Manuel du Système nerveux,** par C. Jakob. 2ᵉ édition française par le Dʳ Rémond, professeur de clinique des maladies mentales à la Faculté de Toulouse. 1 vol. in-16 de 364 pages, avec 84 pl. col. 20 fr.

**Atlas Manuel de Psychiatrie,** par le professeur O. Weygandt. Edition française par le Dʳ S. Roubinovitch, médecin-adjoint de la Salpêtrière, 1903. 1 vol. avec 24 pl. col. et 200 figures........ 24 fr.

**Atlas Manuel d'Obstétrique,** par Schaeffer. Edit. franç. par le Dʳ Potocki, agrégé à la Faculté de Paris. 1 vol. in-16 avec pl. col., rel.... 20 fr.

**Atlas Manuel de Gynécologie,** par Schaeffer. Edit. franç. par Bouglé, chirurgien des hôpitaux. 1902. 1 vol. in-16, avec pl. col., relié... 20 fr.

**Atlas Manuel de Technique gynécologique,** par Schaeffer. Edition française par les Dʳˢ Segond, professeur à la Faculté de Paris, et Lenoir. 1 vol. in-16, avec planches, relié........ 15 fr.

**Atlas Manuel d'Histologie,** par Sobotta. Edition française par Mulon. 1 vol. in-16 avec 80 pl. col. et 65 fig., relié........ 20 fr.

**Atlas Manuel d'Anatomie pathologique,** par Bollinger. Edit. franç. par Gouget, agrégé à la Faculté de Paris. 1 vol. in-16, 140 pl., relié. 20 fr.

**Atlas Manuel d'Histologie pathologique,** par Durck. Edit. franç. par Gouget, agrégé à la Faculté de Paris. 1 vol. in-16, avec 120 pl. col., relié. 20 fr.

**Atlas Manuel des Maladies des Dents et de la Bouche,** par Preiswerck. Edition française par le Dʳ Chompret, dentiste des hôpitaux de Paris, 1904. 1 vol. in-16, avec planches, relié........ 18 fr.

**Atlas Manuel des Maladies nerveuses,** par Seiffer. Edit. franç. par le Dʳ Gasne, médecin des hôpitaux de Paris. 1 vol in-16, avec pl., rel. 18 fr.

**Atlas Manuel des Maladies des Enfants,** par Hecker et Trumpp. Edit. franç. par le Dʳ Apert, médecin des hôpitaux de Paris. 1 vol. in-16, 400 pages, avec 48 pl. coloriées, rel........ 20 fr.

**Atlas Manuel de Bactériologie,** par Lehmann et Neumann. Edit. franç. par le Dʳ Griffon, médecin des hôpitaux de Paris. 1 vol. in-16 avec pl. coloriées, rel........ fr.

LES ACTUALITÉS MÉDICALES

---

# *L'Ionothérapie électrique*

# LES ACTUALITÉS MÉDICALES

**Collection de volumes in-16, de 96 pages, cartonnés. Chaque volume : 1 fr. 50**

**La Cure de déchloruration**, par les Drs F. Widal et Javal.
**Le Rein mobile**, par le Dr Legueu, agrégé à la Faculté de Paris.
**Mouches et Choléra**, par le Pr Chantemesse et le Dr Borel.
**Moustiques et Fièvre jaune**, par le Pr Chantemesse et le Dr Borel.
**Le Diabète**, par le Pr Lépine. 2 vol.
**Le Cytodiagnostic**, par le Dr Marcel Labbé, agrégé à la Faculté de Paris.
**Le Sang**, par le Dr Marcel Labbé, agrégé à la Faculté de Paris.
**L'Appendicite**, par le Dr Aug. Broca, agrégé à la Faculté de Paris.
**Diagnostic de l'Appendicite**, par le Dr Auvray, agrégé à la Fac. de Paris.
**Les Rayons de Röntgen et le Diagnostic de la Tuberculose**, par le Dr A. Béclère, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.
**Les Rayons de Röntgen et le Diagnostic des Affections thoraciques non tuberculeuses**, par le Dr A. Béclère.
**Les Rayons de Röntgen et le Diagnostic des Maladies internes**, par le Dr A. Béclère.
**La Radiographie et la Radioscopie cliniques**, par le Dr L.-R. Regnier.
**La Mécanothérapie**, par le Dr L.-R. Regnier.
**Radiothérapie et Photothérapie**, par le Dr L.-R. Regnier.
**Cancer et Tuberculose**, par le Dr Claude, médecin des hôpitaux.
**La Diphtérie**, par les Drs H. Barbier, médecin des hôpitaux, et G. Ulmann.
**Le Traitement de la Syphilis**, par le Dr Emery, *2e édition*.
**Chirurgie des Voies biliaires**, par le Dr Pauchet.
**Les Myélites syphilitiques**, par le Dr Gilles de la Tourette.
**Le Traitement de l'Épilepsie**, par le Dr Gilles de la Tourette.
**La Psychologie du Rêve**, par Vaschide et Piéron.
**Les Glycosuries non diabétiques**, par le Dr Roque.
**Les Régénérations d'organes**, par le Dr P. Carnot, agrégé à la Faculté.
**Le Tétanos**, par les Drs J. Courmont et M. Doyon.
**Les Albuminuries curables**, par le Dr J. Teissier, Pr à la Faculté de Lyon.
**Thérapeutique oculaire**, par le Dr F. Terrien.
**La Fatigue oculaire**, par le Dr Dor.
**Les Auto-intoxications de la grossesse**, par le Dr Bouffe de Saint-Blaise, accoucheur des hôpitaux de Paris.
**Le Rhume des Foins**, par le Dr Garel, médecin des hôpitaux de Lyon.
**Le Rhumatisme articulaire aigu en Bactériologie**, par les Drs Triboulet, médecin des hôpitaux, et Coyon.
**Le Pneumocoque**, par Lippmann. Préface de M. Duflocq.
**Les Enfants retardataires**, par le Dr Apert, médecin des hôpitaux.
**La Goutte et son traitement**, par le Dr Apert.
**Les Oxydations de l'Organisme**, par les Drs Enriquez et Sicard.
**Les Maladies du Cuir chevelu**, par le Dr Gastou, *2e édition*.
**Les Dilatations de l'Estomac**, par le Dr Soupault, médecin des hôpitaux.
**La Démence précoce**, par les Drs Deny et Roy.
**Les Folies intermittentes**, par les Drs Deny et Camus.
**Chirurgie intestinale d'urgence**, par le Dr Mouchet.
**Chirurgie nerveuse d'urgence**, par le Dr Chipault.
**Les Accidents du Travail**, par le Dr Georges Brouardel, *2e édition*.
**Le Cloisonnement vésical et la Division des urines**, par le Dr Cathelin.
**Le Traitement de la Constipation**, par le Dr Froussard.
**Le Canal vagino-péritonéal**, par le Dr P. Villemin, chirurgien des hôpitaux.
**La Médication phosphorée**, par H. Labbé.
**La Médication surrénale**, par les Drs Oppenheim et Lœper.
**Les Médications préventives**, par le Dr Nattan-Larrier.
**La Protection de la Santé publique**, par le Dr Mosny.
**L'Odorat et ses Troubles**, par le Dr Collet, agrégé à la Faculté de Lyon.
**Traitement chirurgical des Néphrites médicales**, par le Dr Pousson.
**Les Rayons N et les Rayons $N_1$**, par le Dr Bordier.
**Trachéobronchoscopie et Œsophagoscopie**, par le Dr Guisez.
**Le Traitement de la Surdité**, par le Dr Chavanne.
**Technique de l'Exploration du Tube digestif**, par le Dr René Gaultier.
**La Technique histo-bactériologique moderne**, par le Dr Lefas.
**L'Obésité et son traitement**, par le Dr Le Noir.
**Les Thérapeutiques récentes dans les Maladies Nerveuses**, par les Drs Lannois et Porot.
**L'Artériosclérose et son traitement**, par le Dr Gouget.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

La Technique histo-bactériologique mo

LES ACTUALITÉS MÉDICALES

---

# L'Ionothérapie électrique

PAR

**Louis DELHERM**
ANCIEN INTERNE DES HÔPITAUX DE PARIS

**A. LAQUERRIÈRE**
LAURÉAT DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

---

**Avec 11 figures**



PARIS
*LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS*
19, RUE HAUTEFEUILLE, 19

1908



# L'IONOTHÉRAPIE ÉLECTRIQUE

---

## INTRODUCTION

L'introduction d'un médicament à travers la peau grâce au courant électrique a dans ces derniers temps attiré l'attention du grand public médical.

Quoique connue depuis déjà fort longtemps, puisque les premiers travaux sur cette question remontent au XVIIIe siècle, l' « ionothérapie électrique » n'était pas sortie des milieux spéciaux ; elle n'a été vulgarisée que par les travaux tout à fait récents.

Ce petit livre a pour but d'exposer aussi simplement que possible quels sont les phénomènes chimiques et physiques qui rendent compte de cette pénétration, de présenter la technique et les résultats des tentatives thérapeutiques effectuées actuellement, et même de discuter et d'interpréter ces résultats.

Bien des considérations sur lesquelles nous insistons paraîtront enfantines à des physiciens de profession ; notre excuse est d'avoir écrit pour des médecins. La plupart d'entre eux n'ont qu'un souvenir lointain des acquisitions de leurs premières années d'études, et, d'un autre côté, il y a bon nombre de notions d'ordre général qui n'ont pas pénétré jusqu'à présent dans les livres mis aux mains des élèves. C'est ainsi que la théorie de Grothus est presque toujours la seule exposée dans les traités classiques élémentaires, alors que celle d'Arrhenius n'est même pas indiquée.

Que les physiciens ne sourient donc pas trop ! S'il fallait faire pour leur usage un livre de médecine, on serait sans doute forcé d'y développer bien des questions sur lesquelles des médecins jugeraient tout à fait superflu de s'appesantir.

Nous avons néanmoins pensé inutile de reproduire ici les lois fondamentales de l'électro-physique, ni de définir les unités électriques, ce qui nous aurait entraîné à écrire le chapitre *Électricité* qu'il est facile de trouver dans les manuels de physique (1).

(1) Les praticiens que la perspective de faire cette recherche effraierait par trop trouveront au début de notre manuel : *Électrothérapie clinique*, une très courte partie, écrite spécialement pour ceux qui ont *oublié* leur physique, dont la lecture les mettra à

Nous avons essayé de mettre le praticien au courant seulement des données scientifiques extramédicales de la théorie des ions, et de lui donner l'état actuel des essais thérapeutiques.

Nous avons mis largement à contribution les très nombreux travaux de M. le professeur Leduc (de Nantes), qui s'est livré à de longues et minutieuses études sur ce sujet et qui a tant fait pour le vulgariser.

Les excellents traités d'électrothérapie de nos amis Guilleminot et Zimmern nous ont aussi été particulièrement utiles.

Enfin, nous devons également citer deux remarquables conférences faites cette année même à la Société française d'électrothérapie par M. le professeur Doumer (de Lille). Ces conférences, malheureusement pour nous, ont eu lieu trop tard, la presque totalité de notre travail étant composée à ce moment, pour que nous les mettions à contribution comme nous l'aurions désiré.

Mais, en lisant ces conférences, on trouvera la justification du titre que nous avons choisi. Suivant la remarque de M. Doumer, l'ionisation est le résultat de la dissolution de certaines substances dans l'eau, elle est par conséquent antérieure à tout passage de courant. Il n'est donc pas juste de dire seulement *ionothérapie* en parlant d'applications électriques : quand on donne à boire à un malade une solution, quand on lui fait une injection hypodermique, on fait, sans le savoir, de l'ionothérapie.

Nous ne pensons pas que l'ionothérapie électrique soit une révélation si soudaine que certains médecins, peu au courant de la physique, semblent le croire. On verra que nous ne croyons pas non plus qu'elle paraisse, quant à présent, devoir révolutionner l'électrothérapie; mais si la vogue dont elle jouit actuellement est capable d'attirer l'attention de certains médecins sur les bénéfices des traitements électriques en général, si elle pousse quelques autres à étudier certains points des sciences dites *accessoires*, son étude aura encore puissamment servi. En tout cas, nous croyons utile de profiter de l'occasion pour montrer, par un exemple limité, que l'électrothérapie n'est basée ni sur des vues de l'esprit, ni sur quelques constatations empiriques, mais, bien au contraire, réside sur des faits scientifiques indiscutables.

Le courant continu, si largement employé en médecine, présente toute une catégorie d'effets imputables à des actions chimiques électrolytiques, dont l'introduction médicamenteuse n'est qu'un minime chapitre.

même d'être suffisamment renseignés sur les notions d'électrophysique nécessaires pour comprendre les pages suivantes.

# I. — ESQUISSE HISTORIQUE

## CONCEPTION ANCIENNE DE LA CATAPHORÈSE. CONCEPTION MODERNE DE L'ÉLECTROLYSE

L'idée d'introduire des médicaments dans l'organisme à l'aide de l'électricité est aussi ancienne que les premiers appareils utilisés en électrothérapie.

Au XVIII^e siècle, la machine statique était le seul instrument que l'on eût en mains; et dès ce moment, c'est-à-dire vers 1750, plusieurs physiciens, parmi lesquels l'abbé Nollet, Privati, etc., étudièrent le pouvoir, attribué à l'effluve électrique, d'entrainer la matière d'où elle jaillit, pour la transporter dans les tissus. D'ailleurs, les controverses furent nombreuses, et les partisans comme les adversaires de cette théorie n'arrivèrent pas à se convaincre mutuellement.

∴

Plus tard, la découverte de la pile permit aux électriciens d'étendre leur champ d'expérience et d'essayer l'introduction des médicaments à l'aide de cet appareil et peu à peu les recherches furent effectuées surtout à l'aide du courant voltaïque.

En 1802, Rossi tenta d'introduire du mercure dans l'économie, grâce à l'emploi du courant, mais il détruisait préalablement l'épiderme au moyen du vésicatoire.

Pour la première fois, en 1833, Fabre-Palaprat chercha à montrer que l'absorption cutanée déterminée par les applications était due au passage du courant, et non à une simple imbibition par contact.

Fabre-Palaprat prétendit obtenir par le transport des substances des guérisons étonnantes parmi lesquelles on peut citer le cas d'un malade atteint d'une fièvre paludéenne rebelle, qui fut guéri en quelques séances par l'absorption de sulfate de quinine introduit ainsi à travers la peau.

En 1846, Kleinke et Hassenstein traitèrent la scrofule par l'introduction électrolytique de l'iodure de potassium.

Richardson tenta dès 1859 de pratiquer l'anesthésie locale à l'aide d'une solution de morphine placée au pôle positif. Par le même procédé, en se servant d'une teinture d'aconit, d'extrait

d'aconit et de chloroforme, il anesthésia la jambe d'un chien assez profondément pour en permettre l'amputation sans douleur apparente. Chez l'homme, il put même pratiquer l'extirpation de tumeurs cutanées, des avulsions dentaires, des débridements de hernies étranglées.

Kunk, vers la même époque, après avoir imbibé une électrode positive d'une solution de strychnine et l'avoir appliquée sur les téguments d'un lapin, arriva à produire la mort de cet animal en tétanos au bout de quelques minutes.

*
* *

Erb rapporte qu'à l'aide du courant de pile on est parvenu facilement à introduire dans l'organisme des quantités notables de certaines substances, et qu'on retrouve dans les urines des traces de quinine ou d'iode.

Lauret, en 1885, confirme les résultats antérieurs et conclut que l'absorption des substances est un fait indiscutable, mais que les doses absorbées sont faibles. Wagner et Corning tentent de nouveau l'anesthésie par la cocaïne. Adamkiewicz, avec le chloroforme, prétend obtenir une anesthésie graduelle avec disparition de la douleur dans des névralgies rebelles.

Blondel, vers la même époque, par le mot de *diélectrolyse*, donne un terme assez précis pour indiquer que la pénétration d'un milieu dans un autre est due à l'électricité.

En 1888, Chéron et Gevaert soignent les teignes par le sublimé. Aubert démontre encore que le courant active l'absorption des médicaments comme l'atropine, la pilocarpine, etc.

La quinine, l'iodure, la strychnine (Munk, Erb, Morton, etc.), des parcelles de graphite, de noir de fumée sont introduits sous la peau par d'autres expérimentateurs.

*
* *

Il paraissait bien entendu que, grâce au courant, différentes substances pénètrent dans l'organisme en allant du positif vers le négatif (mercure, strychnine, cocaïne, lithium, pilocarpine, etc.); c'est ce qu'on appelait la *cataphorèse* (1).

Mais ce terme de *cataphorèse*, qui avait été surtout mis en vogue par Munk, Karfunkl, Meisner, n'eut bientôt plus aucune signification. En effet, ces auteurs, pour introduire les substances chimiques dans l'organisme, se servaient tantôt du pôle positif, tantôt du pôle négatif.

D'autre part, l'expérience montra la migration de certaines substances en sens inverse du courant, ce qui obligeait d'ad-

(1) C'est-à-dire *aller en bas*, en l'espèce descendre le courant, du positif vers le négatif.

mettre dans certains cas l'existence d'une *anaphorèse* ou, autrement dit, d'un entraînement mécanique en sens inverse du courant.

L'étude plus complète des phénomènes physico-chimiques montra qu'il fallait invoquer le plus souvent, non pas le transport mécanique des substances dans leur intégrité, mais bien la dissociation de ces substances en deux ordres de composants dont les uns étaient entraînés vers un pôle et les autres vers l'autre par *électrolyse*. C'est l'application à la pénétration médicamenteuse d'un milieu dans un autre, de la décomposition chimique se produisant dans un seul milieu sous l'influence du courant, déjà connue depuis bien longtemps, puisque Faraday en avait posé les lois.

Différents auteurs cherchèrent alors à se rendre compte s'il s'agissait bien, dans la pénétration médicamenteuse, d'*électrolyse* ou de *cataphorèse*.

Destot et Savy contribuèrent à l'étude de cette question, mais c'est surtout Labatut, Jourdanet et Porte, dans une série de remarquables travaux, qui démontrèrent que le mécanisme de la pénétration se faisait réellement par *électrolyse*. Leuillieux, Guilloz, Yung, Bergonié, Bordier, Allard, etc., attribuèrent, eux aussi, les résultats qu'ils obtinrent à cette introduction électrolytique.

Enfin Leduc (de Nantes), dans une série d'études d'une clarté et d'une précision remarquables, a su faire une mise au point vraiment lumineuse de cette question qui, malgré tous les travaux antérieurs, apparaissait encore comme quelque peu confuse.

*
* *

Est-ce à dire que la cataphorèse n'existe pas?

M. Foveau de Courmelles, en 1890, la différencie expérimentalement, à l'aide des courants d'induction, de l'électrolyse, qu'il nomme *bi-électrolyse*.

A l'aide du faradique, entre autres, qui donne une électrolyse insignifiante, il a pu provoquer un transport cataphorétique.

Un fait semble en effet imputable à la cataphorèse. Si, dans deux cuves d'eau séparées par une membrane poreuse, on fait passer de l'une à l'autre un courant, on voit, au bout d'un certain temps, le niveau de l'eau s'élever dans la cuve négative (phénomène de *Porret*).

De même, si on fait passer un courant chez une grenouille d'une patte à l'autre, on peut observer, au bout d'un certain temps, que la patte négative est plus gonflée de liquide que la positive. De même encore, l'électrode positive se dessèche plus vite que l'électrode négative dans les applications du courant

continu à l'organisme, et Du Bois Reymond pensait qu'il s'agit là d'un entrainement mécanique de l'eau.

Pour les autres faits du ressort de l'électricité médicale, la plupart des auteurs paraissent disposés à nier formellement le rôle de la cataphorèse, et Labatut est très absolu à ce sujet. Leduc est plus réservé; pourtant il affirme qu'aucune expérience ne montre d'une façon certaine l'introduction des médicaments par cataphorèse.

En fait, on peut admettre que la cataphorèse existe; mais il semble bien, d'après la plupart des expérimentateurs, que son rôle soit très effacé.

Quoi qu'il en soit, les auteurs actuels admettent que l'introduction se fait non par *cataphorèse*, mais bien par *électrolyse*. Nous n'énumérerons pas leurs travaux, car cette énumération ferait quelque peu double emploi avec l'étude des tentatives thérapeutiques faites jusqu'ici par ces procédés, étude sur laquelle nous reviendrons à la partie réservée aux applications thérapeutiques.

En somme, pour schématiser, on peut envisager deux périodes, qui d'ailleurs chronologiquement empiètent largement l'une sur l'autre :

Dans la première on admet l'entrainement en masse d'une substance, *sans décomposition*, d'abord seulement dans le sens du courant (cataphorèse), plus tard dans le sens du courant ou en sens inverse suivant la nature de cette substance (cata et anaphorèse).

Dans la deuxième on suppose puis on démontre que le transport est le résultat de la décomposition du corps étudié, qui se divise en deux parties dont chacune est entraînée vers l'un des pôles (électrolyse).

Telle est, succinctement résumée, l'esquisse historique de cette question. Elle est volontairement incomplète, et l'on pourra facilement la compléter dans l'article de Ensch (1), dans les articles de Leduc, etc. Nous avons essayé surtout de nous servir de quelques noms et de quelques faits pour montrer l'évolution qui s'est produite sur cette question depuis les premiers travaux jusqu'à nos jours.

(1) Ensch, *Archives d'électricité médicale*, octobre 1903.

# II. — LA THÉORIE DES IONS

## I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Nous venons d'exposer d'une façon extrêmement sommaire l'historique de l'introduction électrique des médicaments; nous allons maintenant étudier ce qu'est, au point de vue physico-chimique, un *ion*, et la manière dont le courant électrique intervient pour permettre à cet ion d'agir sur l'organisme.

***Existence des ions.*** — Il est indispensable de préciser, dès le début, que la théorie des ions n'est pas une hypothèse établie uniquement par les électrothérapeutes pour donner la formule de quelques faits isolés particuliers à leur pratique, mais qu'elle découle, bien au contraire, non seulement de considérations électro-chimiques non médicales, mais encore de toute une série de constatations d'ordre physico-chimique dans lesquelles aucun passage de courant n'intervient.

Elle fait partie intégrante des données les plus modernes sur la constitution de la matière.

Examinons d'abord quelques-uns des phénomènes qui, en dehors de toute étude électrique, ont conduit à admettre l'existence des ions. Nous étudierons ensuite les phénomènes d'ordre électrique sur lesquels nous nous étendrons plus longuement, parce qu'ils sont plus directement en rapport avec l'électrothérapie.

***Constitution de la matière.*** — L'étude de la matière qui est capable de se dilater, de se rétracter, etc., a conduit à penser qu'elle n'était pas continue, mais bien composée de particules qu'on a appelées *molécules*, séparées les unes des autres et ne se touchant pas. « Chaque molécule forme un tout complet, bien défini, qui reste semblable à lui-même, que le corps soit à l'état liquide, solide ou gazeux. » (Guilleminot.) Mais, si l'on y regarde de plus près, on est conduit à supposer que la molécule n'est pas le terme ultime de la matière : en effet, un corps composé, l'iodure de potassium, par exemple, se comporte comme s'il était formé par des molécules exactement semblables à celles d'un corps simple; nous ne pouvons dissocier ces molécules sans que la substance considérée cesse d'être de l'iodure de potassium, mais nous savons cependant que chacune de ces molécules peut se diviser, puisque chacune d'elles est formée de deux parties : iode et potassium.

Qu'un corps soit simple ou composé, il se dilate ou se rétracte comme s'il était composé de molécules; mais nous

voyons que ces molécules, disons pour le moment au moins dans certains cas, sont certainement divisibles en parties ; ces parties constituantes de la molécule, on les appelle des *atomes*. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

Les atomes eux-mêmes sont-ils irréductibles ? C'est peu probable. Divers phénomènes donnent lieu de croire « qu'ils sont un agglomérat d'un certain nombre de centres d'énergie, les *électrons* de Laurenz. Mais on ne saurait aller au delà de l'atome sans tomber, aujourd'hui du moins, dans le domaine des hypothèses » (Guilleminot).

Nous allons examiner certaines des propriétés des atomes et voir comment elles conduisent à la notion de l' « ion ».

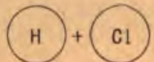
***Considérations ionométriques.*** — Mariotte avait formulé la loi qui porte son nom : « Les volumes que prend une même masse gazeuse, à température constante, sont inversement proportionnels aux pressions qu'elle supporte ». Cette loi étant vraie pour tous les gaz (au-dessus de leur température critique) et pour toutes les vapeurs, Avogrado puis Ampère en conclurent que tous les gaz ou toutes les vapeurs contenaient, à la même température et à la même pression, le même nombre de molécules pour un même volume. Le fait était d'ailleurs confirmé par les expériences de Gay-Lussac (complétées ultérieurement par Regnault), qui montrent que la dilatation d'un gaz (sous une même pression) est proportionnelle à l'élévation thermométrique.

Mais l'étude des combinaisons devait bientôt conduire à des notions plus complètes sur les atomes.

Un litre d'hydrogène + un litre de chlore donnent 2 litres d'acide chlorhydrique (à l'état gazeux). Mais chacun de ces 2 litres, étant formé par un gaz, obéit à la loi d'Avogrado : il contient donc autant de molécules que le litre d'hydrogène ou que le litre de chlore ; or un seul des litres d'acide chlorhydrique ne contient que la moitié des molécules du litre d'hydrogène et la moitié des molécules du litre de chlore ; si ces molécules s'étaient combinées une à une, une de chlore avec une d'hydrogène, il ne devrait y avoir dans chacun des 2 litres du composé qu'un nombre de molécules de ce composé égal à la moitié du nombre habituel de molécules.

On arrive donc à cette conclusion que chacune des molécules des composants a dû se diviser de façon à pouvoir fournir les matériaux nécessaires à la formation d'un nombre double de molécules du composé et l'on admet qu'une molécule de H est en réalité composée de 2 atomes H ; de même, il y a 2 atomes Cl dans la molécule Cl.

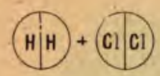
Schématiquement, le phénomène n'est pas



donnant

(HCl)

mais bien, en réalité,



donnant

(H|Cl) + (H|Cl)

De même nous savons que, pour obtenir de l'eau, il faut combiner 2 litres d'hydrogène et 1 litre d'oxygène. Il semblerait donc qu'une molécule d'oxygène se combine avec 2 d'hydrogène pour donner une seule molécule de vapeur d'eau. Or, l'expérience montre que 2 litres de H plus 1 litre d'O donnent 2 litres de vapeur d'eau, et non pas un seul litre.

Chacun des litres de vapeur devant contenir le même nombre de molécules qu'un litre d'un autre gaz, on doit supposer que la combinaison s'est faite autrement.

Nous ne pouvons écrire

$$O + H + H = OHH$$

et il faut admettre que, les molécules des composants étant formées de 2 atomes, le phénomène est le suivant :

(O|O) + (H|H) + (H|H) = (O|HH) + (O|HH)

***Considérations relatives à la chaleur spécifique.*** — Cette existence de l'atome peut être mise en lumière par des considérations tirées de la loi de Dulong et Petit : « Le produit du poids atomique d'un corps simple, considéré à l'état solide, par sa chaleur spécifique, est un nombre constant sensiblement égal à 6,4 et appelé *chaleur atomique.* » Ce qui revient à dire que, pour élever d'un degré la température d'un atome, il faut lui fournir une même quantité de chaleur, quel que soit le corps auquel appartienne cet atome.

L'atome a donc une propriété constante, celle de voir son énergie thermique modifiée de la même façon, quel que soit le corps auquel il appartienne, par la même quantité de chaleur (Doumer), et cette propriété, il l'emporte dans ses combinaisons.

Pour élever d'un degré la molécule $Fe^2O^3$ (sexquioxyde de fer) composée de 5 atomes, il faudra lui donner 5 fois la chaleur atomique moyenne 6,4.

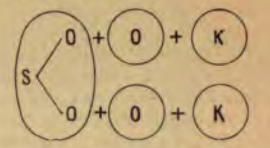
Mais cette règle souffre des exceptions qui vont nous conduire

à l'existence d'une nouvelle forme dans la composition de la matière.

Prenons le composé $SO^4K^2$ (sulfate neutre de potassium). Si cette molécule exigeait, pour s'élever d'un degré, la quantité de chaleur nécessaire pour la somme de ses atomes ($S + O + O + O + O + K + K$), on devrait trouver $6{,}4 \times 7 = 44{,}1$.

Or l'expérience donne 33,1.

Il faut admettre qu'un certain nombre d'atomes se sont réunis pour former un tout qui s'est comporté comme un seul atome ; et en effet, si l'on écrit




soit 5 atomes.

on trouve que $6{,}4 \times 5$ donne un chiffre se rapprochant bien plus de celui fourni par l'expérience.

L'ensemble formé par S, O, O et qui se comporte comme un seul atome est ce qu'on appelle un *radical*. — En réalité, il existe un très grand nombre de radicaux. Bien que complexes, les radicaux paraissent jouir de toutes les propriétés des atomes.

***Considérations cryoscopiques.*** — On a admis pendant longtemps que l'atome ne restait pas à l'état d'atome : la molécule était la masse élémentaire d'un corps en liberté, l'atome était la plus petite masse d'un corps simple pouvant se trouver dans une combinaison; mais les chimistes pensaient que l'atome était toujours combiné soit à un atome semblable pour former la molécule d'un corps simple, soit à un atome différent pour former la molécule d'un corps composé.

L'étude des solutions montre au contraire que l'atome peut, au moins dans certaines conditions, rester isolé.

La cryoscopie ou étude du point de congélation fait voir que l'abaissement du point de congélation est fonction du degré de concentration moléculaire, et l'on peut tirer le nombre de molécules d'une solution de la détermination du degré thermométrique auquel elle passe à l'état solide. Seulement, il se produit de nombreuses exceptions et on a bien été obligé de constater que, pour certains corps, tout se passait comme si un certain nombre de molécules du composé s'étaient divisées en fragments dont chacun se comporterait comme une molécule. Il semble donc que, par le seul fait qu'il s'est dissous, un corps a des molécules qui se désagrègent.

***Considérations osmotiques.*** — « M. Van t'Hoff a fait remarquer que, dans une solution, la matière dissoute se comporte comme un gaz. L'analogie entre les substances dissoutes et les gaz est complète : les molécules des corps dissous sont

mobiles les unes par rapport aux autres, comme les molécules des corps gazeux; elles ont, comme les molécules des gaz, une tendance à se répandre d'une façon homogène pour occuper tout l'espace que leur offre le volume du dissolvant, lequel représente le vase renfermant un gaz; comme les molécules de gaz, les molécules des corps dissous exercent, sur les limites des espaces qui les renferment, une pression dite *pression osmotique*. Cette pression osmotique suit exactement les mêmes lois que la pression des gaz; elle a exactement les mêmes constantes; toutes les notions acquises par l'étude de la pression des gaz sont applicables aux pressions osmotiques des substances dissoutes. Comme pour les gaz, la pression osmotique est proportionnelle à la concentration moléculaire. Pour les solutions, comme pour les gaz, la pression à 0° pour une concentration d'une molécule par litre est de 22 atmosphères 35 centièmes. » (Leduc.)

Mais on s'aperçoit en pratique, quand on étudie les dissolutions de différentes substances, qu'il y a de nombreuses exceptions et qu'en particulier pour les sels l'exception est à peu près la règle : comme en cryoscopie, l'expérience semble indiquer un bien plus grand nombre de molécules que l'on en avait dissout. Pour prendre un exemple (Doumer), si nous avons fait dissoudre 1000 molécules de NaCl et que nous trouvions des chiffres qui indiquent 1 200 molécules, tout se passe comme si nous avions en réalité

$$\begin{array}{l} 800\ NaCl \\ +\ 200\ Na \\ +\ 200\ Cl. \end{array}$$

Il nous faut donc admettre des atomes Na et des atomes Cl qui restent isolés.

***La notion de l'ion.*** — Nous avons vu que la molécule pouvait être extrêmement complexe et se diviser soit en atomes, soit en radicaux plus ou moins compliqués, mais se comportant absolument comme des atomes. Nous venons de voir de plus que ces atomes (ou ces radicaux) pouvaient rester isolés, ou du moins que tout se passait dans certains cas comme si les termes ultimes de la dissociation moléculaire ne s'associaient pas les uns aux autres, mais restaient libres.

Or, lorsque nous considérons une solution dans laquelle l'étude du point cryoscopique ou de la tension osmotique nous indique la présence d'atomes libres, nous ne voyons rien qui indique la désagrégation de la molécule.

Dans le cas du chlorure de sodium, par exemple, si la solution contient, outre des molécules de chlorure de sodium, des parties dissociées correspondant à du chlore ou à du sodium, nous ne percevons aucun dégagement de gaz, aucune odeur indiquant la libération du chlore ; nous ne voyons

non plus aucune trace de sodium, perceptible aux sens.

Les atomes ou les radicaux qui, dans une solution, sont libérés par la dissociation d'une molécule se trouvent donc dans un état particulier : ils ne sont plus combinés, puisque leur libération est la seule explication de l'augmentation du nombre apparent de molécules, et, d'autre part, ils ne se manifestent pas par les caractères habituels des corps auxquels ils appartiennent.

C'est alors qu'on les appelle des *ions*.

Les ions ont toutes les propriétés des atomes ou des radicaux ; ils peuvent être, comme certains radicaux de la chimie organique, extrêmement complexes, mais, en somme, ils paraissent n'être que des atomes ou des radicaux restant libres sans se combiner ni à des atomes de même nom ni à des atomes de noms différents.

***Nombre et composition des ions.*** — Dans une solution déterminée, le nombre de molécules dissociées varie selon le degré de dilution. Le degré de dissociation augmente avec la dilution, et, à partir d'une certaine dilution, toutes les molécules sont dissociées.

Le nombre des ions d'une solution, proportionnellement à celui des molécules, est donc d'autant plus grand que la dilution est plus grande.

Il est bon, d'autre part, de remarquer que, tant que la composition chimique de la solution se maintient constante, quelle que soit la quantité de sel dissoute, les ions restent les mêmes.

Si, par exemple, nous prenons du sulfate de cuivre, quelle que soit la dilution nous n'aurons jamais que Cu et $SO^4$, et jamais S ne se séparera de $O^4$.

Les radicaux qui se comportent comme des atomes restent des ions stables et, quelle que soit leur complexité, ils ne se divisent pas sous l'influence de la dissolution. C'est ainsi qu'un même atome peut se comporter tout à fait différemment, suivant qu'il provient d'une molécule ou d'une autre. Par exemple, le chlore précipite les sels d'argent ; si l'on dissout du chlorure de sodium, il y aura séparation en Cl et en K, et les sels d'argent seront précipités par Cl.

Mais si, au contraire, nous dissolvons du $KClO^3$ (chlorate de potasse), on ne constate pas de précipitation de ces mêmes sels, parce que la dissociation se fait en un ion $ClO^3$, qui ne jouit pas des propriétés du chlore, et un ion K.

Cette notion est extrêmement importante, puisqu'elle montre que, dans le phénomène de l'ionisation, les corps ne sont pas dissociés au point d'être réduits à des atomes de corps simple, mais, bien au contraire, que les ions peuvent avoir un certain degré de complexité.

L'ionisation sépare le corps composé en un plus ou moins grand nombre d'ions, mais, pour chaque corps, les ions sont seulement de deux sortes. Le travail de l'ionisation ne va

pas au delà d'une séparation en deux espèces différentes, quel que soit le nombre d'ions et quel que soit le nombre d'atomes qui entrent dans la composition de chacun de ces ions s'ils sont complexes (radicaux).

## II. — LES IONS AU POINT DE VUE ÉLECTRIQUE. L'ÉLECTROLYSE

***Passage du courant électrique à travers un électrolyte.*** — Quand on fait passer un courant de même sens (courant de piles, par exemple) à travers une cuve contenant de l'eau, on constate qu'aux points où les électrodes, amenant le courant, plongent dans le liquide, il y a un abondant dégagement de bulles gazeuses. Si nous recueillons les gaz dégagés, nous constatons qu'à l'un des pôles nous avons de l'oxygène, à l'autre de l'hydrogène et que la quantité dégagée de chacun de ces gaz est dans la même proportion que dans l'eau. On peut donc en conclure que l'eau a été dissociée en ses deux composants et que chacun de ces deux composants a été transporté dans un sens différent.

Si, au contraire, on fait passer ce même courant à travers un solide, par exemple une masse de cuivre, on n'observe rien de semblable.

C'est qu'en effet le courant peut passer de deux façons : tantôt, comme dans la masse métallique, il n'y a aucune modification chimique, c'est ce qu'on appelle le transport du courant par *conduction* ; tantôt, au contraire, le passage du courant est intimement associé aux dégagements de produits chimiques, le courant ne passe que s'il y a en même temps dégagement de ces produits, on dit alors qu'il y a transport de l'énergie électrique par *convection*.

Ce transport par convection est donc lié à un déplacement de matière ; il se rencontre seulement dans certaines solutions dites *électrolytes*.

***Électrolytes.*** — Pratiquement, l'eau rigoureusement pure ne laisse pas passer le courant, mais, dès qu'on met dans cette eau des traces d'acides, de composés binaires métalliques, de sels, nous constatons à la fois que le courant se met à passer et qu'il y a dégagement de produits d'électrolyse.

On dit que les solutions contenant des *acides*, des *composés binaires métalliques*, des *sels* sont des solutions électrolytiques, des électrolytes.

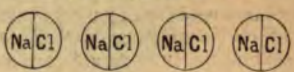
Les solutions de sucre, d'urée, de matières colloïdales, etc., ne livrent pas passage au courant et ne présentent pas de décomposition. Ces substances ne sont donc pas des corps électrolytes (1).

(1) Nous ne nous occupons que des solutions aqueuses, qui seules sont intéressantes en médecine ; l'ionisation peut se produire dans

Faraday, constatant le dégagement de certains corps au niveau des électrodes, avait appelé ces corps *ions* (ἰών, voyageurs) pour spécifier leur déplacement vers le point d'entrée ou de sortie du courant.

Nous allons voir que ce terme, bien qu'ayant été conservé, a notablement changé de sens.

***Théories successives de l'électrolyse.*** — Grothus, en 1805, expliqua le phénomène de l'électrolyse de la façon suivante. Au moment du passage du courant dans une solution électrolytique, les molécules dissoutes s'orientent de façon que chez toutes un des atomes constituants soit dirigé vers le pôle positif, et l'autre atome vers le pôle négatif; puis chacune se charge négativement sur l'atome qui regarde le pôle positif, positivement sur celui qui regarde le négatif :




A une extrémité de la chaîne, l'atome chargé négativement situé le plus proche de l'électrode positive se détache pour aller à cette électrode ; à l'autre extrémité, le dernier atome chargé positivement se détache, lui aussi, et gagne l'électrode négative :




Les atomes qu'ils laissent ainsi libres vont se combiner aux atomes de nom contraire de la molécule voisine qui libère ainsi son autre atome, lequel va se combiner, lui aussi, à un atome de la molécule voisine, etc., en sorte que, tout le long du circuit, il y a, à la suite du dégagement produit aux deux extrémités, décomposition de toutes les molécules et recomposition de nouvelles molécules ; ces nouvelles molécules s'orientent à leur tour et la même série de phénomènes se continue.

Clausius, en 1845, se basant sur diverses raisons physiques, et en particulier sur ce fait que, si l'on emploie des forces électromotrices très faibles, le courant passe, conclut que la dissociation ne pouvait être causée par le courant, mais qu'elle devait lui préexister (1).

Cette remarque ne fut prise en considération que quand d'au-

d'autres liquides, l'alcool par exemple, mais à un degré extrêmement faible, tandis que dans la plupart des autres il n'y a aucune trace de ce phénomène.

(1) La vitesse différente des ions, mise en lumière en 1853 par Hittorf, était une nouvelle preuve de l'insuffisance de la théorie de Grothus. De même cette théorie était incapable d'expliquer pourquoi certains sels dissous dans l'alcool ne permettent pas le passage du courant, alors que le courant passe si on ajoute un peu d'eau.

tres phénomènes physiques, dont nous avons parlé (osmose, cryoscopie, etc.), précisèrent l'étude de l'état des corps dissous.

***Théorie d'Arrhenius***. — Si nous dissolvons de l'urée, du sucre, etc., nous constatons que leur pression osmotique ou que l'abaissement de leur point de congélation sont exactement proportionnels à la concentration moléculaire en poids; d'autre part, l'expérience montre que ces corps ne sont pas électrolytes.

Au contraire, les substances que nous avons dites *électrolytes* (acides, composés binaires métalliques, sels) se comportent comme si elles contenaient plus de molécules qu'on en a fait dissoudre.

Swante Arrhenius (1886) donna la théorie générale de l'ionisation et de l'électrolyse.

Le courant électrique ne peut passer à travers les dissolutions que grâce à une dissociation moléculaire : *les corps qui ne se dissocient pas en se dissolvant* (cryoscopie, pression osmotique) *ne sont pas électrolytes.*

Au contraire, certains autres corps subissent, du fait même de la dissolution, une dissociation de leurs molécules.

Cette dissociation, l'étude du point de congélation, de la pression osmotique, etc., montrait qu'elle pouvait n'intéresser qu'un certain nombre de molécules et que la proportion de molécules dissociées par rapport aux molécules intactes pour une solution de même substance était d'autant plus grande que la dilution était plus grande.

Les parties de ces molécules dissociées devenues libres sont appelées les *ions* (indépendamment de l'idée de déplacement qui avait fait choisir le mot par Faraday).

Nous étions déjà arrivés à cette notion des ions; mais ce qui caractérise, au point de vue électrique, les solutions qui contiennent des ions, c'est que ce sont précisément ces solutions qui sont électrolytiques qui permettent le passage du courant électrique et qui dégagent, sous l'influence de ce courant, des produits d'électrolyse.

On est conduit alors à admettre que le courant électrique est transporté par ces ions, et alors l'hypothèse proposée par Arrhenius paraît très satisfaisante. Les molécules non dissociées sont à l'état neutre, mais, quand une molécule est dissociée en deux ions, chacun de ces ions prend une charge électrique égale et de signe contraire; ces ions sont répartis d'une façon probablement quelconque à l'intérieur de la solution. En tout cas, la dissociation en ions positif et négatif est antérieure au passage de tout courant et résulte simplement de la dissolution.

Cette dissociation est appelée HYDROLYSE, parce que l'eau la produit d'une façon intense, tandis que les autres liquides où elle se manifeste ne la produisent que d'une façon insignifiante,

ou IONISATION ou DISSOCIATION IONIQUE, pour montrer qu'elle sépare en « ions », ou enfin DISSOCIATION ÉLECTROLYTIQUE, *ce qui ne veut pas dire qu'elle soit sous la dépendance du passage du courant, mais, bien au contraire, qu'elle rend la solution électrolytique, c'est-à-dire capable de faire passer le courant* (Doumer).

Si l'on vient à plonger dans la solution les deux électrodes d'une pile, les ions qui portent une charge positive sont attirés par l'électrode négative, ceux qui ont une charge négative par l'électrode positive ; chacun se dirige suivant cette attraction. Quand ils arrivent au contact de l'électrode, ils perdent leur charge électrique et reviennent à l'état neutre, mais alors ils cessent d'être des ions et l'on voit apparaître les caractères des corps auxquels ils appartiennent. Ils redeviennent capables de se combiner avec l'eau ou avec les électrodes.

Dans le cas du chlorure de sodium, par exemple, Na et Cl, qui étaient à l'état d'ions, redeviennent capables, dès que, par le contact avec l'électrode, ils ont perdu leur charge électrique, de se combiner ; ils ont repris tous les caractères des atomes et ils forment d'un côté NaOH et de l'autre HCl en décomposant l'eau.

L'ion est donc un atome, ou un radical, résultant de la dissociation d'une molécule, mais n'ayant pas de tendance à se combiner et restant isolé, parce qu'il a une charge électrique ; il perd ses caractères d'ion dès qu'il perd sa charge électrique ; l'ion est donc un atome ou un radical plus une charge électrique et redevient atome ou radical dès que cette charge l'a abandonné. Nerntz a émis la supposition que la charge électrique satisfaisait momentanément l'affinité de l'atome.

En tout cas, le passage du courant dans un électrolyte est essentiellement lié au déplacement des ions qui transportent des charges électriques jusqu'aux électrodes, comme l'oiseau transporte une semence pour l'abandonner (*Birdseed* de sir O. Lodge).

C'est la charge électrique qui explique que l'ion soit attiré par une électrode ; c'est la perte de cette charge qui explique qu'il redevienne un atome ayant des affinités chimiques. En somme, ces théories rendent parfaitement compte de ce qu'on appelle l'*électrolyse*.

Le Dr Lewis Jones (de Londres) a donné une comparaison humoristique illustrant tous les détails de ces phénomènes : la solution électrolytique est une salle de bal : on y voit des danseurs unis par couples (molécules), des cavaliers et des dames qui ne dansent pas et restent plus ou moins isolés (ions). Nous sommes en présence de la solution avant toute intervention électrique.

A un moment donné, la maîtresse de maison fait découvrir à un bout de la salle un grand miroir, à l'autre extrémité un excellent buffet — c'est le début du passage du courant ; —

aussitôt les isolés vont se diriger suivant leurs attractions particulières : les dames iront vers le miroir, les messieurs vers le buffet (ions se dirigeant les uns vers un pôle, les autres vers un autre). Mais peu à peu les couples unis se dissocient à leur tour (dissociation des molécules au fur et à mesure que la dilution du liquide augmente), et les danseurs devenus libres se dirigent vers le buffet, tandis que les dames vont devant le miroir.

On pourrait continuer irrévérencieusement la comparaison, au moins en ce qui concerne les messieurs, en disant : une fois arrivés au buffet, ils laissent tomber le masque de politesse mondaine qu'ils avaient pris pour le bal, et la fréquentation du champagne leur rend leur véritable nature (passage de l'état d'ion à l'état d'atome au contact de l'électrode).

En résumé, le passage du courant dans une solution électrolytique est intimement lié aux déplacements des ions, ou, plus exactement, le déplacement des ions « est le courant électrique lui-même » (Leduc).

***Anions et cations.*** — Dans la division de molécules qui amène la formation des ions, les uns prennent toujours une charge positive, les autres toujours une charge négative.

Les premiers, qui, pour obéir aux lois de l'électrostatique, se dirigent, au moment où le courant passe, vers le pôle négatif, sont appelés *cations* : ils descendent le courant (*cata*, en bas) ; les seconds, qui sont attirés vers le pôle positif, remontent le courant ; aussi les appelle-t-on *anions* (*ana*, en haut).

***Les métaux se rendent à l'électrode négative. Les alcaloïdes font de même***; ce sont des ***cations.***

***Les métalloïdes ou les radicaux acides se rendent à l'électrode positive***; ce sont des ***anions.***

Dans les solutions acides, l'***hydrogène*** est le ***cation.***

Dans les solutions basiques, le groupe ***oxhydryle*** OH est un ***anion.***

Quand on fait passer le courant, la décomposition en deux sortes d'ions (1) subsiste, puisque cette division n'est pas la conséquence du passage du courant, et chacun des ions garde ses caractères propres sans se diviser lui-même s'il est complexe. Nous avons signalé cette stabilité de la composition d'un ion déterminé à propos des considérations non électriques relatives à la théorie des ions, mais, si nous y revenons, c'est que c'est là un fait des plus intéressant qui explique comment

(1) Pour certains auteurs, la molécule pourrait se diviser parfois en plus de deux parties : ainsi le sulfate de soude $Na^2SO^4$ se partagerait en 1 ion $SO^4$ négatif et 2 ions positifs Na ; mais la division en deux sortes de composants de signe contraire n'en subsiste pas moins et cette hypothèse ne conduit qu'à admettre une différence dans le rapport du nombre des anions par rapport à celui des cations.

certaines substances, bien que très complexes, restent actives quand elles sont transportées par électrolyse : quand, par exemple, on électrolyse du salicylate de soude, le sodium se dirigera vers le pôle négatif, tandis que le radical acide $C^6H^4 \langle {}^{COO}_{OH}$ se dirigera tout entier sans être dissocié, malgré sa complexité, vers le pôle positif. Quel que soit le courant employé, il restera acide salicylique et ne donnera ni C, ni H, ni O à l'état libre.

En tout cas, si on veut faire cheminer un ion dans un sens déterminé, il sera indispensable de placer la solution qui le contient au voisinage de tel pôle, de façon qu'il soit attiré par l'autre pôle et passe, par conséquent, pour s'y rendre, par le chemin qu'on veut lui faire suivre.

***Cas de deux solutions contiguës.*** — Si deux solutions sont placées l'une à côté de l'autre, séparées par une membrane capable de laisser passer le courant électrique et les produits d'électrolyse, et si l'on plonge une électrode dans chacune des deux solutions, on assistera à des phénomènes plus complexes.

Soit A la cuve reliée au pôle positif, B la cuve reliée au pôle négatif (fig. 1).

Fig. 1. — Expérience de Lodge.

*La décoloration produite dans le tube de jonction par l'électrolyse se propage trois fois plus vite à l'extrémité positive qu'à la négative.*

Les anions de A vont se diriger vers le pôle positif, ils resteront donc dans la cuve A ; les cations de B se dirigeront vers le pôle négatif, ils resteront, eux, dans la cuve B.

Mais les cations de A, en se dirigeant vers le pôle négatif, traverseront la membrane de séparation et passeront dans la cuve B, tandis que les anions de B, pour se diriger vers le positif, passeront dans la cuve A.

La composition du liquide de chacune des deux cuves va donc se trouver modifiée, chacune d'elles perdant des ions et en recevant d'autres en échange. Il pourra en résulter la formation de corps nouveaux et, en tout cas, il y a eu transport, grâce à l'électricité, au travers de la membrane de séparation ; c'est là le mécanisme schématique de l'introduction électrolytique des médicaments dans l'organisme.

***Actions secondaires, le véritable mécanisme de l'électrolyse de l'eau.*** — En réalité, les choses sont en général plus compliquées, et cela surtout quand il s'agit d'un milieu très complexe comme l'organisme, contigu à deux autres milieux plus ou moins simples formés par les deux électrodes. Nous ne pouvons pas entrer dans le détail de la série des réactions qui peuvent se présenter dans les différents cas.

Même dans un seul milieu relativement simple, les phénomènes sont déjà plus nombreux qu'ils ne semblent au premier abord.

Pour donner un exemple, étudions d'un peu plus près la simple électrolyse de l'eau dans une cuve unique. Cet exemple n'est pas inutile, d'ailleurs, puisque l'eau est le liquide principal de l'organisme.

Nous avons admis schématiquement que, sous l'influence du passage du courant, l'eau était décomposée en ses atomes constitutifs : 2 H se dégageaient au négatif, tandis que 1 O se dégageait au positif.

En réalité, l'eau est un conducteur extrêmement mauvais : un cube d'eau distillée pris entre deux électrodes de platine de 1 centimètre carré de surface et distantes d'un centimètre présente une résistance telle qu'on l'évalue à 200 ou 300 milliards d'ohms.

C'est dire que, dans les conditions habituelles, les courants électriques dont nous nous servons ne décomposent pas l'eau pure et ne la traversent pas.

Mais cette eau est immédiatement décomposée quand elle contient des traces d'électrolyte; c'est donc que l'électrolyte participe à la décomposition de l'eau.

Dans l'expérience classique du voltamètre destiné à montrer précisément la décomposition de l'eau en un volume d'oxygène et deux d'hydrogène, on utilise l'eau distillée additionnée d'acide sulfurique. Dans ces conditions, voici exactement ce qui se passe :

$SO^4H^2$ est décomposé en :
$H^2$ qui va au pôle négatif;
$SO^4$ qui va au pôle positif.

Mais, au pôle positif, $SO^4$, cessant d'être un ion, en perdant sa charge électrique, devient un atome qui déplace l'oxygène de l'eau pour reformer la molécule $SO^4H^2$ ; l'atome O se dégage donc.

Pendant ce temps, deux atomes d'hydrogène se dégagent au négatif.

Tout s'est donc passé comme si l'eau avait été décomposée d'emblée, tandis que la quantité d'acide sulfurique reste la même (et, en effet, au fur et à mesure que les gaz se dégagent, la quantité d'eau diminue et l'acidité de la solution augmente :

c'est ce qui permet aux ouvriers électriciens de « goûter » le liquide d'une solution électrolytique). Seulement, en réalité, l'eau n'a pas été décomposée par le passage du courant, mais bien par une action secondaire due à la décomposition préalable de l'acide sulfurique.

***Vitesse des ions.*** — Un autre facteur dont il faut tenir compte est la vitesse de translation des ions. Toutes choses égales par ailleurs, l'expérience montre que les ions cheminent d'autant plus vite que la température est plus élevée.

D'autre part, pour une même solution, la vitesse des ions sera d'autant plus grande que la différence de potentiel entre les électrodes sera plus grande ; en effet, la charge d'un ion déterminé reste la même, puisqu'elle est antérieure au passage du courant, mais, plus la différence de potentiel entre les électrodes est grande, plus grande est la différence de potentiel entre l'électrode vers laquelle il se dirige et l'ion considéré, et plus énergique est l'attraction exercée par l'électrode sur cet ion.

En pratique, si la solution reste la même, l'intensité du courant devient d'autant plus grande que le voltage est plus considérable ; on peut donc dire que la vitesse des ions est proportionnelle à l'intensité du courant.

Mais, de plus, tous les ions ne se déplacent pas avec la même vitesse. Dès 1853, Hittorf, mettant dans deux cuves contiguës séparées par une membrane poreuse une même solution, constatait qu'après quelque temps de passage du courant la concentration des deux cuves n'était plus la même.

Par exemple, si l'on prend une solution de sulfate de cuivre, on voit que la cuve négative a subi les deux tiers de la perte de concentration, tandis que la cuve positive a perdu seulement un tiers.

Avant le passage du courant, on a :

| | | | |
|---|---|---|---|
| nég. | $SO^4$ $SO^4$ $SO^4$ | $SO^4$ $SO^4$ $SO^4$ | + |
| | Cu Cu Cu | Cu Cu Cu | |

Après le passage du courant, le nombre d'ions libérés aux électrodes est le même, mais la concentration a varié, si bien qu'il faut admettre le schéma suivant :

| | | | |
|---|---|---|---|
| nég. | $SO^4$ | $SO^4$ $SO^4$ $SO^4$ $SO^4$ $SO^4$ | + |
| | Cu Cu Cu Cu | Cu Cu | |

Trois ions sont libérés de chaque côté, mais, le radical acide s'étant déplacé deux fois plus vite, la cuve négative ne contient plus qu'une molécule de sulfate de cuivre, tandis que la positive en contient deux ; l'une a donc perdu deux tiers de sa

concentration, tandis que la deuxième n'a perdu qu'un tiers.

La différence de concentration entre les deux cuves au bout d'un temps déterminé permet donc d'apprécier la différence de la vitesse des ions.

Un procédé élégant a été donné plus récemment par Lodge; il consiste dans la méthode de décoloration (fig. 1).

Si l'on prend, par exemple, deux cuves contenant de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique et qu'on les réunisse par un tube contenant de la gélatine additionnée de chlorure de sodium et légèrement alcalinisée puis colorée par une trace de phénolphtaléine, on observe, en faisant passer le courant d'une cuve à l'autre, qu'il se produit une décoloration commençant aux deux extrémités du tube de communication pour gagner le milieu de ce tube, mais s'avançant bien plus rapidement d'un côté que de l'autre.

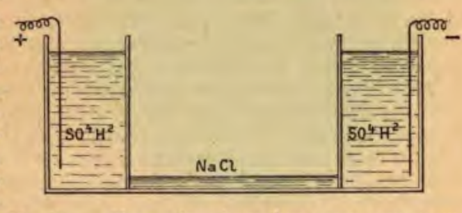



Fig. 2. — Vase séparé en deux par une membrane perméable au passage des ions.

*Les ions se dirigeant vers le pôle situé de l'autre côté de la membrane traversent cette membrane pour se rapprocher du pôle qui les attire.*

Du côté du pôle positif, la vitesse avec laquelle la décoloration gagne de proche en proche est trois fois plus grande que celle de la décoloration du côté négatif.

(Du côté positif, $H^2$ remplace Na pour former de l'acide chlorhydrique qui décolore; du côté négatif, $SO^4$ forme du sulfate de soude, mais fait disparaître la coloration rouge due à la réaction de la soude sur la phénolphtaléine.)

On peut donc conclure que l'ion H se déplace trois fois plus vite que l'ion $SO^4$.

En somme, chaque ion a sa vitesse propre, et il paraît y avoir un certain rapport entre son poids moléculaire et sa vitesse ; l'hydrogène, dont le poids moléculaire = 2, est le plus rapide, les autres corps ont approximativement des vitesses d'autant plus faibles que leur poids moléculaire est plus élevé, mais cette règle n'est pas absolue.

Enfin, les molécules non électrolytes, si la solution en contient, sont un obstacle au passage des ions. C'est ainsi que les solutions gélatineuses diminuent la vitesse des ions, et la diminuent d'autant plus qu'elles sont plus concentrées. Stewart a montré que 1 gramme d'hémoglobine ajouté à 99 grammes de sérum abaisse la conductibilité de 0,8 p. 100 et,

d'autre part, Chanoz (1) rapporte des expériences de Tangl et Burgasky qui ont trouvé qu'en ajoutant 1 gramme d'albumine à 100 grammes de sérum on diminue la conductibilité de 2,5 p. 100.

Mais c'est surtout Leduc qui a bien mis en lumière le rôle des molécules non électrolytes pour retarder la marche des ions.

Enfin le cheminement des différents ions est inégalement retardé quand on augmente la teneur en albumine du liquide électrolysé.

Les ions simples formés d'un seul atome paraissent perdre moins facilement leur vitesse que les ions complexes résultant de l'association d'atomes nombreux; plus les voyageurs sont petits, moins ils paraissent arrêtés par les obstacles (Leduc).

Dans les cas où les phénomènes sont simples, si la vitesse des ions diminue, le courant, *qui est en réalité* transporté par le déplacement des ions, diminue d'intensité et l'on constatera que les ions sont ralentis dans leur marche ; mais, si les solutions sont complexes, comme cela a lieu dans l'organisme, il découle de ce que nous venons de dire que certains ions sont arrêtés plus complètement que d'autres, et que l'intensité du courant ne sera qu'un renseignement par trop approximatif; on peut en effet supposer des milieux tels qu'ils empêcheraient le courant de passer s'il s'agissait seulement d'ions volumineux, tandis qu'ils permettraient assez facilement le déplacement d'ions très simples; si ces deux sortes d'ions sont mélangés, l'intensité du courant ne fournit en réalité de renseignements que sur la vitesse des ions simples. En tout cas, il est indispensable de se rappeler que, comme nous allons le montrer, la vitesse des ions est faible.

***Profondeur de pénétration des ions.*** — On reste sous l'empire de cette idée que le courant passe, ce qui suggère inconsciemment qu'il y a transport de quelque chose d'une électrode à l'autre; aussi trouve-t-on tout naturel d'admettre que les ions vont facilement de l'un à l'autre des points d'application du courant.

Or, en réalité, les phénomènes sont tout différents : nous constatons bien que tout se passe comme si la pile travaillait pour envoyer un *fluide* d'une de ses bornes à l'autre à travers le circuit extérieur (fil et plaque positifs, organisme, plaque et fil négatifs), mais, quand on examine les choses de près, on s'aperçoit que les ions qui abandonnent leur charge au contact de l'électrode tendent à la neutraliser, si bien que la pile ne travaille que pour maintenir la charge de l'électrode et qu'il n'y a besoin, pour expliquer que le courant passe du pôle positif de la pile à l'électrode positive et de l'électrode négative au pôle négatif de la pile, de supposer le passage de quelque

(1) Chanoz, *Lyon médical.*

chose de matériel dans la partie électrolytique où les ions réalisent à eux seuls la continuité des phénomènes électriques.

Il n'est donc pas nécessaire que les ions se déplacent beaucoup; il suffit que chaque électrode puisse repousser suffisamment les ions de même charge qu'elle et attirer les ions de charge de nom contraire.

Aussi n'y a-t-il pas lieu de s'étonner que, même avec des courants intenses (relativement à ce que peut supporter l'organisme) et prolongés, les ions introduits dans l'organisme ne pénètrent que peu profondément.

L'ion le plus rapide, l'hydrogène, se déplace de $0^{cm},00325$ à la seconde pour une différence de potentiel de 1 volt par centimètre, soit, en somme, 3 centièmes de millimètre par seconde. Si nous supposons les électrodes éloignées de 20 centimètres, nous aurions, pour une différence de potentiel de 40 volts (ce qui est supérieur aux voltages moyens employés), une différence de 2 volts par centimètre, ce qui donnerait une vitesse de 6 centièmes de millimètre par seconde. En dix minutes ou 600 secondes, nous aurions 3 600 centièmes de millimètre ou $3^{cm},6$.

Mais, d'une part, la grosse résistance et, par conséquent, la grosse chute de voltage se trouve au niveau de l'épiderme, si bien qu'on peut considérer que la différence de potentiel entre le derme au-dessous d'une électrode et le derme au-dessous de l'autre électrode est considérablement plus faible que nous venons de l'indiquer. Aussi, la différence par centimètre devenue bien plus faible, le cheminement des ions en est d'autant ralenti et, d'autre part, les ions ont une vitesse moins grande que l'hydrogène; c'est ainsi que le sodium ne se déplace guère que de 4 millièmes de millimètre par seconde pour une différence de potentiel de 1 volt par centimètre, soit presque 10 fois moins vite que l'hydrogène (1).

On voit donc, si l'on tient compte de ce fait que la grosse différence du potentiel se produit à la peau, au niveau du point d'entrée et au niveau du point de sortie, et si l'on se rappelle la faible vitesse des ions, combien est minime la profondeur à laquelle on peut faire pénétrer un médicament.

***Quantité de substances transportée par électrolyse.*** —

(1) D'ailleurs, ici encore, il est difficile de donner des chiffres exacts : d'après Kohlrauch, dans des solutions aqueuses de chlorure à $\frac{1}{1\,000}$ les vitesses seraient entre elles pour le potassium et le chlore comme 6,3, pour le sodium comme 4,4, et comme 3,4 seulement pour la lithine; tandis que, d'après Leduc, dans l'organisme la vitesse du lithium devient plus grande que celle du sodium, du chlore et du potassium; il y a donc lieu vraisemblablement de tenir compte du volume des ions.

En théorie, il est facile, étant donnés une solution, l'intensité du courant qui la traverse et le temps du passage de ce courant, de calculer la quantité de substance qui se dégagera au niveau de chaque électrode, la quantité *qui aura été transportée.*

Nous avons vu que plus la différence de potentiel était grande entre les électrodes, plus la vitesse des ions était grande (et plus, par conséquent, l'intensité du courant augmentait) ; il est donc facile de comprendre que, plus un courant sera intense, plus grande sera la quantité d'ions dégagés.

De même, on peut admettre sans discussion que, toutes choses étant égales par ailleurs, la quantité de substance dégagée sera proportionnelle au temps du passage du courant : il est tout naturel d'accepter que si, en une seconde, on constate l'apparition de 1 gramme, on constatera l'apparition de 2 grammes en deux secondes, etc.

Donc la quantité d'ions libérés sera proportionnelle au temps et à l'intensité, ce que l'on peut exprimer plus simplement en disant que la quantité de substance est proportionnelle à la quantité d'électricité dépensée (ou au nombre de coulombs, — le nombre de coulombs étant le produit du temps par l'intensité). Si nous diminuons l'intensité, mais si nous augmentons dans la proportion nécessaire le temps du passage, nous aurons le même résultat que si nous diminuions la durée pour augmenter l'intensité : 20 milliampères passant durant une minute libéreront le même nombre d'ions dans une solution donnée que 1 milliampère durant vingt minutes.

Mais, d'autre part, les différentes substances, pour un même courant et pour une même durée, ne dégageront pas les mêmes quantités. Il faut alors faire intervenir une propriété particulière à chaque corps, qu'on exprime par ce qu'on appelle l'*équivalent électro-chimique de ce corps*.

Faraday, faisant passer un courant à travers plusieurs cuves contenant des solutions différentes, constata d'abord que *les poids de substance dégagée aux électrodes étaient différents* pour chaque substance. Il constata ensuite que *les poids étaient proportionnels aux équivalents chimiques de ces corps.*

Les ions possèdent donc tous la même charge électrique et l'on a constaté que, pour transporter de chaque corps un poids représentant son équivalent, il fallait une quantité d'électricité égale à 96 537 coulombs.

Ainsi 1 gramme d'hydrogène, $35^{gr},5$ de chlore, 23 grammes de sodium seront respectivement transportés par 96 537 coulombs, parce que les équivalents de ces corps sont 1, 35,5, 23.

Le poids d'un corps transporté par un coulomb est l'équivalent *électro-chimique*. C'est le quotient de l'équivalent chimique du corps par 96 537.

« Voici, à titre d'exemple, les équivalents électro-chimiques en milligrammes de quelques substances :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Argent | 1,117 | Lithium | 0,07268 |
| Chlore | 0,36728 | Mercure | 1,37 |
| Cuivre | 0,32709 | Oxygène | 0,08286 |
| Hydrogène | 0,01038 | Potassium | 0,40539 |
| Iode | 1,313 | Sodium | 0,23873 |

« En multipliant l'équivalent électro-chimique $e$ par le nombre de coulombs qu'on a fait passer dans une solution électrolytique, on sait le poids total de substance charriée.

« Ce nombre de coulombs est donné par le produit I$t$ (intensité × le temps de passage). Ainsi, avec un courant de 0A,020 circulant pendant 1 000 secondes, on a I$t$ = 20 coulombs. Le poids de substance charriée sera pour le mercure :

$$1,37 \times 20 = 27^{\text{mgr}},4,$$

| | |
|---|---|
| Pour l'iode | $26^{\text{mgr}},26$ |
| Pour le lithium | $1^{\text{mgr}},45316$ |
| Pour le cuivre | $6^{\text{mgr}},6$ |
| Pour l'argent | $2^{\text{mgr}},234$ |
| Pour le sodium | $4^{\text{mgr}},76$ |

(Guilleminot.)

Ce résultat n'est exact que s'il s'agit de phénomènes simples ; il n'est plus d'une vérité mathématique quand, comme dans l'organisme, on se trouve en présence d'une série de solutions contiguës, presque toutes complexes, dont certaines contiennent des substances colloïdales retardant de façons différentes.

Pour Leduc, il y a lieu surtout de tenir compte de la vitesse des ions des deux électrodes.

« En général, $u$ étant la vitesse d'un ion, $v$ celle de l'autre, la participation de chacun au mouvement de l'électricité est $\frac{u}{v+u}$ pour l'ion de vitesse $u$ ; $\frac{v}{v+u}$ pour l'ion de vitesse $v$. Le poids de chaque ion introduit dans le corps par une quantité Q d'électricité est donné par la formule $\frac{u}{v+u}$ Q$e$ pour l'ion de vitesse $u$ ; $\frac{v}{v+u}$ Q$e$ pour l'ion de vitesse $v$. Dans cette formule, la fraction représente la participation de chaque ion au courant électrique, Q la quantité d'électricité employée, quantité égale au produit It de l'intensité par le temps ; $e$ représente l'équivalent électro-chimique de la substance, équivalent que l'on trouve dans des tables. » (Leduc.)

Zimmern pense que, quand il s'agit de calculer le poids de substance qui pénètre dans l'organisme, il faut être très réservé.

« La quantité de substance active introduite est bien fonction, comme il résulte des lois de Faraday, de l'intensité du courant et du temps de passage. Mais il y a en outre à tenir compte de la vitesse d'introduction respective des anions et des cations

et du changement de concentration du liquide imbibant les électrodes, qui entre également comme facteur dans le problème.

« Pour évaluer exactement le poids P d'une substance introduite, il faudrait n'avoir à considérer que cette substance, c'est-à-dire que les phénomènes se passant sous l'électrode opposée fussent négligeables, qu'il n'y ait pas d'introduction électrolytique sous l'autre électrode. On aurait alors exactement

$$P = Ite.$$

« Mais, en fait, ce cas ne paraît pas réalisable, l'introduction électrolytique se faisant toujours aux deux électrodes.

« Pratiquement, nous n'avons donc aucun moyen simple de savoir quelle quantité de substance active nous introduisons : ce que nous savons seulement, c'est que nous en introduisons. » (Zimmern.)

Nous admettons volontiers que la quantité de facteurs qui interviennent ne permet pas de donner des chiffres rigoureusement exacts, mais il nous semble cependant que, la vitesse de cheminement des ions étant relativement faible, que les intensités employées en médecine n'étant pas très élevées, que les séances ne pouvant être indéfiniment prolongées, la différence de vitesse des différents ions, le changement de concentration des solutions des électrodes, etc., ne peuvent intervenir que comme de légères causes d'erreur, et qu'en pratique, au moins quand on se sert de substances médicamenteuses dont la toxicité à faible dose n'est pas à redouter, comme le salicylate, la lithine, l'iodure, on aura un renseignement suffisant, bien qu'inexact, en considérant le temps d'application, l'intensité du courant et l'équivalent électro-chimique du corps considéré.

***Conclusions des considérations physiques.*** — Nous voudrions attirer l'attention sur trois points.

D'abord la théorie des ions n'est pas une supposition médicale destinée à échafauder les raisons d'une thérapeutique nouvelle, mais elle est liée étroitement aux conceptions récentes sur la composition de la matière.

Ensuite l'ionisation est préalable au passage de tout courant et celui-ci n'intervient que pour amener le déplacement des ions.

Enfin l'échange d'ions sous l'influence du courant entre deux solutions contiguës, et, partant, l'introduction de médicaments, non seulement est possible, mais ne peut pas ne pas se produire, puisqu'il est indispensable au passage du courant, « puisqu'il est le courant électrique lui-même ». Les expériences que nous relaterons plus loin, expériences destinées à prouver la pénétration médicamenteuse, pour ingénieuses qu'elles soient, ne présentent donc qu'un intérêt minime parce que les lois de l'électrolyse ne permettent pas d'admettre que les choses puissent se passer autrement.

## III. — L'ÉLECTROLYSE DE L'ORGANISME

En ce qui concerne le passage du courant, l'organisme peut être considéré comme composé par une série de solutions de chlorure de sodium séparées par des membranes plus ou moins perméables. Il y a en réalité beaucoup d'autres substances cristalloïdes qui pourront être électrolysées, des substances colloïdes, albuminoïdes de toutes sortes qui retarderont plus ou moins le cheminement des différents ions, mais, schématiquement, cette assimilation est vraie.

L'organisme est en réalité un électrolyte ou, plus exactement, une série de milieux électrolytiques contigus. Le courant le traversera donc par convection.

Si nous plaçons sur le corps deux électrodes, nous allons assister à une série de réactions résultant du passage du courant et qui va varier, toutes les autres choses restant égales: 1° suivant le point de l'organisme considéré; 2° suivant la nature des électrodes.

### I. — LES PHÉNOMÈNES DE L'ÉLECTROLYSE SUIVANT LA RÉGION CONSIDÉRÉE

***Région interpolaire.*** — Si nous considérons un point très éloigné des électrodes, tel que, étant donnée la lenteur du cheminement des ions, aucun phénomène imputable à ces électrodes ou à leur voisinage n'ait le temps, pendant la durée de la séance, de venir influer sur nos résultats, ce que nous avons dit des phénomènes de l'électrolyse nous fait connaître que nous ne constaterons rien d'appréciable.

Les ions de l'organisme, préalablement dissociés de leur molécule du fait même de leur dissolution, se déplaceront, les uns se dirigeant vers un pôle, les autres vers l'autre; mais, comme ils resteront à l'état d'ions, leur existence ne se manifestera en rien : ils ne causeront aucune réaction chimique appréciable.

Une cellule perdra d'un côté un anion et gagnera un cation, tandis que, de l'autre côté, elle perdra un cation et gagnera un anion, mais il n'y aura pas de perturbation chimique sérieuse parce qu'il ne s'agit pas d'atome présentant une affinité, mais bien d'ions.

Cependant, à la longue, la composition de la cellule pourrait être sensiblement modifiée. Mais il importe de faire

observer que le courant diffuse dans toute la largeur de la solution électrolytique : si, par exemple, nous mettons une électrode au pied et l'autre à la cuisse, le courant au niveau du genou passera par toute la surface de section du membre : à ce niveau l'intensité sera donc relativement faible en chaque point (1).

D'autre part, c'est surtout le chlorure de sodium qui sert à véhiculer le courant, en sorte que ce sont surtout des Na et des Cl que chaque cellule échangera avec les cellules voisines, mais, comme elle gagnera d'un côté ce qu'elle perd de l'autre, les ions Na et Cl ne présentant pas des vitesses très différentes, sa composition finale n'en sera pas sensiblement atteinte.

Il paraît seulement probable que ces échanges cellule à cellule sont capables de modifier les phénomènes de nutrition et ils sont peut-être une explication de l'action trophique de l'électricité.

Par contre, ces actions interpolaires, si elles sont sans inconvénient aux doses applicables en thérapeutique, peuvent, au contraire, devenir nocives quand les intensités sont considérables.

Weiss a montré qu'en faisant passer un milliampère à travers un gastrocnémien de grenouille (ce qui est une dose formidable étant donné le volume de ce muscle) on observait une dégénérescence du tissu musculaire visible au microscope. Ce qui confirme bien l'hypothèse qu'il s'agit d'une action chimique, c'est que si, au lieu de laisser passer le courant dans le même sens, on le fait passer successivement dans un sens et dans l'autre, on n'observe pas cette dégénérescence.

Une autre expérience de Weiss prouve d'ailleurs les échanges électrolytiques qui se produisent dans l'intimité d'un milieu non homogène : on verse dans un tube en U une couche de

(1) C'est en raison de cette diffusion du courant que nous préconisons, d'accord d'ailleurs maintenant avec la presque totalité des électrothérapeutes, l'utilisation de très larges électrodes dont notre maître Apostoli a contribué à répandre l'usage, chaque fois qu'on veut avoir une action sérieuse, de quelque nature qu'elle soit, sur un organe profondément situé.

Si l'on se sert d'un petit tampon, on ne peut, sans brûler la peau, dépasser quelques milliampères ; le courant diffusant à quelques centimètres de profondeur, ces quelques milliampères sont répartis sur toute la largeur du tronçon du membre considéré et l'intensité en chaque point est insignifiante ; si, au contraire, on emploie une très large plaque présentant 100 centimètres carrés de surface au plus, on peut faire pénétrer un bien plus grand nombre de milliampères, mais ce grand nombre de milliampères se répartissent par diffusion sur la même largeur que les quelques milliampères de tout à l'heure : l'intensité en chaque point profond devient plus considérable.

gélatine mêlée de chlorure de sodium et colorée au tournesol neutre ; dans chaque branche, une fois la première couche sèche, on verse d'autres couches de gélatine additionnée d'eau et de chlorure de sodium, de façon à présenter une conductibilité notablement différente; celles-là aussi sont mélangées de tournesol neutre.

Si l'on fait passer un courant, on voit le tournesol rougir au niveau du pôle positif, bleuir au niveau du pôle négatif; mais on voit aussi des teintes rouges et bleues apparaître au niveau des surfaces de séparation des couches de gélatine.

Ces surfaces de séparation forment donc en quelque sorte des pôles virtuels.

Il y a à leur niveau formation d'acide d'un côté, de base de l'autre, c'est-à-dire qu'il y a des ions qui ont perdu leur charge électrique pour repasser à l'état d'atome et reprendre une affinité chimique qui leur permet de former des combinaisons nouvelles.

On emploie d'ailleurs dans ces cas des intensités beaucoup plus élevées par centimètre carré de surface de section que celles qu'on utilise dans l'organisme.

En effet, dans un tube dont la section est de 2 à 3 centimètres carrés, on fait passer une dizaine ou une vingtaine de milliampères. Dans les applications thérapeutiques, on ne peut arriver qu'à une densité de courant beaucoup plus faible au niveau des électrodes, et, dès qu'on s'éloigne des électrodes, le courant diffuse, et la densité devient encore plus minime.

***Actions polaires de voisinage (ou actions péripolaires).*** — Quand on se rapproche des électrodes, d'abord la densité du courant augmente, puisqu'on arrive dans des régions où il ne s'est pas encore complètement diffusé; d'autre part, on peut constater et des réactions dues à la pénétration d'ions venant des électrodes et des réactions dues à l'osmose de certaines substances produites par le dégagement électrolytique au niveau des électrodes.

Le voisinage des électrodes donne dans toute une région péripolaire des phénomènes physiologiques spéciaux dans le détail desquels nous n'avons pas à entrer ici et des phénomènes chimiques. Ces phénomènes chimiques sont les mêmes que dans la région que nous avons considérées comme interpolaire; mais d'autres plus particuliers s'y ajoutent qui ne sont que la reproduction très atténuée de ceux qui se passent directement au contact des électrodes.

***Actions polaires de contact.*** — Aux points où la surface des téguments est directement en contact avec les électrodes qui amènent le courant, on se trouve en présence de réactions très diverses, mais qui varient essentiellement selon que l'électrode est un conducteur solide (métal ou charbon, par

exemple), non attaquable par les produits d'électrolyse, — ou un conducteur solide attaquable par ces produits, — ou enfin une solution électrolytique.

## II. — LES PHÉNOMÈNES DE L'ÉLECTROLYSE SELON LA NATURE DE L'ÉLECTRODE

***Électrodes inattaquables.*** — L'effet PRIMORDIAL du passage du courant à travers l'organisme, considéré comme une solution de chlorure de sodium, est le dégagement de sodium au pôle négatif, de chlore au pôle positif.

Mais, de même que nous l'avons constaté en étudiant le mécanisme de l'électrolyse de l'eau, il se produit une nouvelle réaction, ACTION SECONDAIRE : au pôle négatif, le sodium décompose l'eau pour former de la soude et dégage de l'hydrogène :

$$2\,Na + 2(H^2O) = 2\,NaOH + 2\,H\,;$$

au pôle positif, le chlore forme de l'acide chlorhydrique et il y a dégagement d'oxygène :

$$2\,Cl + H^2O = 2\,HCl + O.$$

L'action secondaire donne donc un acide et de l'oxygène au pôle positif, une base et de l'hydrogène au pôle négatif.

Le tout s'est formé aux dépens du chlorure de sodium et de l'eau de l'organisme.

Mais ces acides et ces bases, s'ils sont en quantité suffisante pour avoir un effet appréciable, vont déterminer sur les tissus avec lesquels ils sont en contact des actions particulières (brûlures par exemple) ; c'est ce que Bergonié nomme les effets TERTIAIRES.

On peut dire que, lorsqu'un courant traverse le corps, pour 1 coulomb d'électricité charriée il y a $\frac{1}{96\,537}$ de l'équivalent électro-chimique du NaCl qui est électrolysé. Il en résulte la libération de $0^{gr},238$ de Na et de $0^{gr},372$ de Cl, en laissant de côté les autres sels dissous qui ne comptent que pour une minime partie dans les liquides de l'organisme.

Par action secondaire, ces 0,238 de Na et 0,372 de Cl forment 0,412 de NaOH et 0,383 de HCl.

Ce sont ces 0,412 de NaOH et 0,383 de HCl par coulomb qui escarrifient les tissus (Guilleminot).

Si nous avons employé des électrodes telles que ces produits d'électrolyse n'aient pas d'influence sur elles, et que, d'autre part, elles ne soient capables de donner aucun ion nouveau à l'organisme, — l'or, le platine, le charbon sont dans ce cas ; le maillechort est un peu attaqué, mais très faiblement, —

nous aurons, comme réaction, uniquement des effets des bases ou des acides ; nous reviendrons ultérieurement sur leurs actions.

Avec les électrodes inattaquables, nous constaterons donc, suivant l'intensité et la durée du courant, les effets — ou d'une application très légère, ou d'une application de plus en plus forte au fur et à mesure que la quantité d'électricité employée augmentera — soit d'une base, soit d'un acide, suivant le pôle considéré.

***Électrodes attaquables.*** — Les électrodes métalliques autres que l'or et le platine sont attaquables par les acides, mais ne le sont pas par les produits basiques dégagés par électrolyse de l'organisme ; aussi, au pôle négatif, quel que soit le métal employé, les effets de l'électrolyse sont toujours identiques, et identiques à ceux que nous avons signalés pour les métaux inattaquables.

Par contre, au pôle positif, les réactions vont être différentes parce que les produits dégagés par électrolyse réagissent sur le métal et donnent, en se combinant avec lui, des produits nouveaux.

En pratique, il se formera un oxychlorure du métal considéré ; mais cet oxychlorure, qui imbibera plus ou moins la peau ou la muqueuse sur laquelle l'électrode est appliquée, se dissolvant dans l'eau des tissus, s'ionisera, puis subira les lois de l'électrolyse, et l'ion métal pénétrera dans les tissus pour se diriger vers le pôle négatif.

L'effet final sera donc double : 1° dépôt d'une couche plus ou moins légère d'oxychlorure sur les cellules les plus superficielles ; 2° pénétration du métal à l'état ionique dans l'intimité des tissus.

***Électrodes électrolytiques.*** — Quand on se sert d'électrodes liquides, comme des bains, ou d'électrodes composées de substances spongieuses indifférentes, imbibées de liquide, le courant ne peut passer que si l'eau contient une substance électrolytique. En réalité, on ne se sert jamais d'eau distillée, mais le plus souvent d'eau ordinaire, parfois d'eau contenant du chlorure de sodium. Or l'eau ordinaire est toujours une solution plus ou moins diluée, si bien que, même lorsqu'on prend une électrode quelconque, en peau de chamois, par exemple, imbibée d'eau commune, on fait, lorsqu'on s'en sert pour appliquer le courant au malade, de l'introduction électrolytique sans s'en douter. L'organisme et les deux électrodes peuvent donc être assimilés à trois cuves électrolytiques contiguës séparées par des membranes poreuses et contenant des solutions différentes.

Dès qu'on fait passer le courant, le double courant des ions s'établit entre la plaque conductrice qui amène le courant à la cathode et la plaque conductrice qui amène le courant à l'anode.

« Il en résulte un échange ionique aux surfaces de séparation du corps et des électrodes électrolytes ; à l'anode, le corps abandonne ses anions et reçoit les cations de l'électrode ; à la cathode, le corps abandonne ses cations et reçoit les anions de l'électrode. On peut donc ainsi introduire dans le corps des cations à l'anode et des anions à la cathode.

« Représentons le corps par une solution de chlorure de sodium et les électrodes par une solution d'iodure de potassium. Par le passage du courant, tous les cations avancent vers la cathode, les anions vers l'anode, et l'on voit que les ions potassium pénètrent dans le corps à l'anode, les ions iode à la cathode. » (Leduc.)

SCHÉMA DE L'INTRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE AVEC UN COMPOSÉ BINAIRE MÉTALLIQUE.

| | *Anode.* | | *Corps.* | | | | | *Cathode.* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Positif. | $\overset{+}{\text{K}}$ | $\overset{+}{\text{K}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{K}}$ | $\overset{+}{\text{K}}$ | Négatif. |
| | $\overset{-}{\text{I}}$ | $\overset{-}{\text{I}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{I}}$ | $\overset{-}{\text{I}}$ | |

Avant le passage du courant.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Positif. | | | $\overset{+}{\text{K}}$ | $\overset{+}{\text{K}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | $\overset{+}{\text{Na}}$ | K | K | Négatif. |
| | I | I | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{Cl}}$ | $\overset{-}{\text{I}}$ | $\overset{-}{\text{I}}$ | | | |

Après le passage du courant.

Mais les réactions vont être variables selon les substances dissoutes aux électrodes.

ANODES ACIDES. — « Les solutions de tous les acides constituent des anodes équivalentes comme cathodes. Si les solutions sont suffisamment étendues pour éviter l'action directe de l'acide sur la peau, l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, l'acide phosphorique, les acides organiques, etc., employés comme anodes, produiront, proportionnellement à l'intensité du courant, exactement les mêmes résultats ; c'est que tous les acides introduisent à l'anode l'ion hydrogène. » (Leduc.)

Tous les acides sont formés d'un ion radical électronégatif $\overset{-}{\text{R}}$ qui se rend à l'anode, et de l'ion hydrogène $\overset{+}{\text{H}}$ électropositif qui se rend à la cathode. Représentons le corps par une solution de chlorure de sodium et les électrodes par des solutions d'acide :

SCHÉMA DE L'INTRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE AVEC DES ÉLECTRODES ACIDES.

| | *Anode.* | | | *Corps.* | | | | | *Cathode.* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Positif. | + | | + | + | + | + | + | + | + | | + | Négatif. |
| | H | | H | Na | Na | Na | Na | Na | H | | H | |
| | — | | — | — | — | — | — | — | — | | — | |
| | R | | R | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | R | | R | |

Avant le passage du courant.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Positif. | | | + | + | + | + | + | + | + | | | Négatif. |
| | | | H | H | Na | Na | Na | Na | Na | H | H | |
| | | | — | — | — | — | — | — | — | | | |
| | R | R | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | R | R | | | |

Après le passage du courant.

On voit bien ainsi qu'après le passage du courant, quel que soit l'acide employé, il y a introduction à l'anode d'hydrogène, qui, avec les radicaux des tissus, remplace les sels par les acides correspondants ; les chlorures sont remplacés par de l'acide chlorhydrique.

« Nous avons pratiqué cette introduction sur nous-même; les points d'introduction des ions sont d'autant plus nettement marqués que le courant a été plus intense ou plus prolongé. Au centre de chaque foyer d'introduction, représenté par un orifice glandulaire, se trouve un point livide des tissus mortifiés, entouré d'une auréole inflammatoire qui grandit jusqu'à donner à la surface de pénétration une rougeur uniforme. Les points mortifiés se dessèchent, forment de petites croûtes qui tombent, et après huit à quinze jours la cicatrisation est complète. » (Leduc.)

Cathodes basiques. — « Toutes les solutions de bases sont formées d'un ion électropositif, le métal $\overset{+}{M}$ qui se rend à la cathode, et de l'ion hydroxyle $\overline{OH}$, électronégatif, commun à toutes les bases et qui se rend à l'anode. » (Leduc.) Représentons le corps par une solution de chlorure de sodium, les électrodes étant formées par des solutions de bases ; nous avons :

SCHÉMA DE L'INTRODUCTION AVEC DES ÉLECTRODES BASIQUES (1).

| | *Anode.* | | *Corps.* | | | | | *Cathode.* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Positif. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | Négatif. |
| | M | M | Na | Na | Na | Na | Na | M | M | |
| | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | OH | OH | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | OH | H | |

Avant le passage du courant.

(1) Les bases font partie des composés binaires métalliques.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Positif. | | | $\overset{+}{M}$ | $\overset{+}{M}$ | $\overset{+}{Na}$ | $\overset{+}{Na}$ | $\overset{+}{Na}$ | $\overset{+}{Na}$ | $\overset{+}{Na}$ | M | M | Négatif. |
| | OH | OH | $\overline{Cl}$ | $\overline{Cl}$ | $\overline{Cl}$ | $\overline{Cl}$ | $\overline{Cl}$ | $\overline{OH}$ | $\overline{OH}$ | | | |

Après le passage du courant.

On voit qu'à la cathode, quelle que soit la base, il y a pénétration de l'hydroxyle OH qui se substitue aux radicaux acides des tissus, et remplace les sels par les bases de leurs métaux, en particulier le chlorure de sodium par la soude.

« Nous avons pratiqué l'expérience sur nous-même ; chaque orifice glandulaire, sous une cathode basique, est entouré d'une escarre molle, grisâtre, semblable à celles données par les alcalis caustiques ; il se produit une vive réaction inflammatoire de la glande dont le corps enflammé forme saillie. La surface présente l'apparence d'une éruption d'acné. En quelques jours l'inflammation s'éteint, les saillies disparaissent, les escarres sèchent et tombent et la peau reprend son aspect normal. » (Leduc.)

Électrodes salines. — « Tous les sels sont formés d'un radical acide ou halogène $\overline{R}$ électronégatif, se rendant à l'anode, et d'un métal électropositif $\overset{+}{M}$ se rendant à la cathode. Les électrodes salines introduisent dans le corps le métal du sel à l'anode, le radical acide à la cathode ; le résultat est de changer la nature des sels de l'organisme : l'acide se trouve changé à la cathode, le métal à l'anode, à moins que le radical et le métal ne soient les mêmes que ceux de l'organisme, comme c'est à peu près le cas lorsqu'on emploie pour électrodes des solutions de chlorure de sodium ; les effets produits sous les électrodes sont alors réduits à un minimum ; ils ne sont point cependant supprimés, car le chlore n'est pas le seul radical électronégatif de l'organisme, le sodium n'est pas le seul ion électropositif, et la substitution exclusive du chlorure de sodium à tous les sels de l'économie a des conséquences qui peuvent aller jusqu'à la mort des tissus. » (Leduc.)

SCHÉMA DE L'INTRODUCTION AVEC DES ÉLECTRODES SALINES.

| | *Anode.* | | *Corps.* | | | | *Cathode.* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Positif. | $\overset{+}{M}$ | $\overset{+}{M}$ | $\overset{+}{Na}$ | $\overset{+}{Na}$ | $\overset{+}{Na}$ | $\overset{+}{Na}$ | $\overset{+}{M}$ | $\overset{+}{M}$ | Négatif. |
| | $\overline{R}$ | $\overline{R}$ | $\overline{Cl}$ | $\overline{Cl}$ | $\overline{Cl}$ | $\overline{Cl}$ | $\overline{R}$ | $\overline{R}$ | |

Avant le passage du courant.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Positif. | R | R | $\frac{\overset{+}{M}}{Cl}$ | $\frac{\overset{+}{M}}{Cl}$ | $\frac{\overset{+}{Na}}{Cl}$ | $\frac{\overset{+}{Na}}{Cl}$ | $\frac{\overset{+}{Na}}{R}$ | $\frac{\overset{+}{Na}}{R}$ | M | M | | Négatif. |

Après le passage du courant.

Nous reviendrons ultérieurement avec détails sur l'introduction électrolytique des médicaments que nous avons surtout en vue dans ce travail ; mais, auparavant, nous désirons dire quelques mots des procédés thérapeutiques, déjà bien connus d'ailleurs, qui sont basés sur l'emploi de l'électrolyse avec des électrodes métalliques.

## III. — ÉLECTROLYSE AVEC DES ÉLECTRODES MÉTALLIQUES

***Actions différentes des pôles.*** — Tripier en France, Cinicelli en Italie étudièrent les premiers d'une façon précise les escarrifications produites sur les tissus par certaines applications électriques et conclurent que « les acides animaux se portent au pôle positif, et les alcalis se portent au négatif » (Cinicelli, 1861).

Suivant l'intensité et la durée du courant, on observe des actions qui vont depuis une irritation légère jusqu'à des cautérisations, des escarrifications plus ou moins étendues et profondes.

Ces actions diverses sont en général connues sous le nom d'*électrolyse*. Comme le fait remarquer Tripier, ce mot est tout à fait impropre : l'électrolyse (*lyse*) est la séparation des éléments dans l'organisme se dirigeant les uns vers un pôle, les autres vers l'autre (actions primaires et secondaires de Bergonié), tandis que les phénomènes observés sont le résultat de synthèse entre les produits de l'organisme et les cellules voisines des électrodes.

Aussi regrette-t-il que Nélaton, vulgarisant, en 1864, les applications chirurgicales des travaux de Cinicelli, ait substitué ce mot d'*électrolyse*, conservé encore aujourd'hui, au terme de *galvanocaustique chimique* (par opposition à la galvanocaustique thermique du galvanocautère), terme qui, sans entrer dans la genèse de la réaction, a tout au moins le mérite de bien expliquer son mécanisme.

Quoi qu'il en soit des appellations, qu'on dise *électrolyse*, *galvanocaustique*, *chimie caustie voltaïque* (1), l'application

(1) Ce terme est celui auquel s'est plus tard arrêté Tripier, qui veut éviter la confusion entre le courant de pile ou voltaïsation et la galvanisation ou application directe sur la peau de générateurs d'électricité constitués par des éléments bi-métalliques dont la sueur forme le liquide excitateur. — Ces éléments, dérivés du couple de

d'un courant de pile sur les tissus avec des électrodes métalliques donne lieu à des phénomènes caustiques.

Au *pôle positif* se dégagent les acides et l'oxygène. On constate un desséchement des tissus et le dégagement de quelques bulles gazeuses ; quand on enlève l'électrode, si la séance a été suffisamment intense, on observe une escarre brun foncé, solide, dure, sèche, adhérente aux tissus voisins et parfois à l'électrode, généralement assez bien délimitée.

Cette escarre n'a pas de disposition à la suppuration, elle guérit assez vite, la cicatrisation se faisant sous l'escarre qui la protège longtemps avant de tomber. La cicatrice est analogue à celle produite par le fer rouge ou les acides, c'est-à-dire assez dure et présentant une tendance marquée à la rétraction.

Au *pôle négatif*, durant la séance on voit la formation d'une mousse abondante qui prouve qu'il y a dégagement d'eau et de gaz. A ce pôle, sortent de l'organisme des produits basiques : l'escarrification est plus étendue (pour une même intensité) (1), elle présente une coloration gris brun, elle est molle, diffluente, saignant facilement, humide ; ses contours sont mal délimités ; elle n'adhère pas à l'électrode et se laisse dissocier sans effort.

La cicatrisation est lente à se produire ; il se forme souvent une plaie qui s'infecte assez facilement.

La cicatrice présente les caractères de celle produite par une cautérisation basique, c'est-à-dire qu'elle est lisse, molle, peu rétractile.

En somme, immédiatement et tardivement, l'action du pôle négatif est analogue à celle de la soude.

ACTION ANTISEPTIQUE DU PÔLE POSITIF. — Apostoli et Laquerrière père, dans une très longue série de recherches, ont montré que le pôle positif avait une action antiseptique très nette. Cette action est due à la présence du chlore, à la formation des acides, et aussi au dégagement de l'oxygène dont une partie se trouve vraisemblablement à l'état soit d'ozone, soit d'eau oxygénée. Nous n'entrerons pas dans le détail de leurs résultats, mais nous signalons le fait parce qu'il explique bien le rôle de la galvanocaustique contre certaines lésions infectieuses, la métrite par exemple.

***Causes qui font varier la réaction.*** — 1° INTENSITÉ. — Si on

Galvani, sont la base des plaques diverses, des ceintures célèbres qui étalent des réclames aux quatrièmes pages des journaux. — Malgré la haute autorité de Tripier, cette distinction n'a pas prévalu, et l'on continue à appeler le courant de pile indifféremment *courant galvanique* ou *courant voltaïque*.

(1) Guilloz pense que cette étendue plus grande de l'escarre négative est due à la plus grande vitesse de l'anion OH de la soude formée par action tertiaire à la cathode.

se sert de courant faible, ou si on met un léger milieu liquide entre le métal et la peau (mince lame de coton hydrophile mouillé, par exemple), de façon qu'une partie des produits d'électrolyse passe dans ce milieu liquide, les réactions peuvent être extrêmement minimes; on peut observer seulement un peu de rougeur de la peau; à un degré plus élevé, il y a un érythème marqué avec une légère desquamation épidermique; à un degré encore plus élevé, on observe sur cet érythème quelques petites phlyctènes, quelques modifications punctiformes, et enfin on arrive à une escarrification présentant les caractères décrits plus haut, soit peu marquée et superficielle, soit de plus en plus grave et de plus en plus profonde, si le courant devient de plus en plus intense.

D'ailleurs il y a, autour de la région réellement cautérisée, des tissus plus ou moins modifiés chimiquement, sans que leur réaction aille jusqu'à l'escarrification; ils sont seulement soumis aux actions chimiques *polaires du voisinage*.

2° Nature de l'électrode. — Au pôle négatif, les métaux ne sont pas attaqués et l'aspect est le même, quel que soit le métal.

Au pôle positif, au contraire, les caractères sont ceux que nous avons décrits, quand on se sert d'or, de platine (ou de charbon qui présente les mêmes effets qu'un métal inattaquable). Mais, si on utilise des métaux attaquables, la cautérisation prendra des caractères un peu particuliers suivant le métal, parce qu'il y aura coloration des téguments par les sels formés, et pénétration du métal dans les tissus, parce qu'aussi ce métal pourra provoquer des réactions particulières avec les liquides de l'organisme. Aussi est-ce sur les muqueuses que les différents métaux se différencieront le plus.

3° Électrolyse du sang. — Si on fait passer un courant continu à travers une certaine quantité de sang au moyen d'électrodes en platine, on constate la formation de deux *coagula* : au positif, il y a une masse noire volumineuse, présentant une certaine cohésion, mais cependant assez facilement dissociable parce que le dégagement d'oxygène a produit de nombreuses bulles gazeuses; au négatif, il y a une sorte d'agglomérat, mal délimité, mou, très spumeux, très dissociable. Avec des électrodes de métaux attaquables, les caractères changent, au pôle positif, suivant le métal: d'abord les bulles d'oxygène disparaissent, puisque l'oxygène, au lieu de se dégager, se combine au métal; puis le métal lui-même va former des réactions particulières : le fer donne une sorte de caillot adhérent à l'électrode et ressemble au magma obtenu en versant du perchlorure de fer sur un foyer hémorragique. Mais le zinc jouit surtout d'une efficacité toute particulière. Leduc a montré que c'était un agent coagulant de tout premier

ordre : le sang, sous son influence, forme un caillot dur, compact et infiniment plus résistant que celui fourni par l'électrode en platine.

De l'eau contenant des traces si faibles d'albumine que la chaleur y manifeste à peine un coagulatum et que l'électrode en platine n'y donne à peu près aucune modification forme autour d'une anode en zinc un manchon d'albumine coagulée très appréciable.

4° Section électrique (Bergonié). — Quand deux aiguilles enfoncées dans les tissus sont suffisamment proches l'une de l'autre, les effets destructeurs sont beaucoup plus marqués dans la tranche des tissus qui sépare ces électrodes que dans les régions avoisinantes; aussi, si l'intensité du courant est suffisante et la séance assez longue, il y a une escarrification en lame allant de l'une à l'autre aiguille et formant une véritable section électrolytique.

***Polarisation et dépolarisation des tissus.*** — Sous l'influence du déplacement des ions, les tissus se polarisent, c'est-à-dire qu'ils deviennent le siège d'une force électromotrice de sens contraire à celle qui a déplacé les ions. Weiss a montré que, si on plongeait les deux mains d'un sujet dans deux cuvettes servant d'électrodes, on pouvait, après avoir fait passer un courant dans un sens durant un certain temps, obtenir, en reliant les deux cuvettes à des appareils de mesures appropriés, constater l'existence d'un courant mesurable de sens contraire. C'est, en somme, l'analogue de ce qui se passe pour les accumulateurs qui, une fois chargés par un courant, peuvent fournir un courant de sens inverse.

Quand on a terminé une application électrique, il y a dans l'organisme, d'un côté, des ions électropositifs en plus grande quantité, de l'autre des ions électronégatifs, mais ces ions, n'étant plus soumis à l'influence des électrodes, vont avoir une tendance à revenir les uns vers les autres. — C'est du moins une hypothèse très admissible : il en résultera donc des mouvements nouveaux, assez faibles à la vérité, mais suffisants pour que Tripier leur accorde une certaine importance ; pour lui, une partie des actions *résolutives* consécutives aux séances seraient dues à ces phénomènes de dépolarisation lente.

***Gynécologie.*** — C'est à la suite des travaux de Tripier, le « père de l'électrothérapie gynécologique », comme l'appelait Apostoli, que furent faites les diverses tentatives thérapeutiques utilisant l'action électrolytique au moyen d'électrodes métalliques. Nous n'entrerons pas dans les détails de technique, et nous nous contenterons de citer quelques-unes des principales applications.

Les divers courants électriques peuvent d'ailleurs être employés dans différentes affections des organes génitaux de la femme, en raison de leurs actions circulatoires, anesthé-

siques, trophiques, etc., mais nous n'avons en vue ici que les actions locales chimiques, obtenues par l'emploi du courant continu avec des électrodes métalliques.

La méthode d'Apostoli dans le traitement du fibrome (et de la métrite) consiste schématiquement à faire passer le maximum de courant que peut tolérer la malade dans l'utérus au moyen d'un hystéromètre de platine, qu'on relie le plus souvent au pôle *positif*.

Quand on emploie ce pôle, une notable partie des résultats thérapeutiques sont dus au dégagement de chlore, d'oxygène (ou d'eau oxygénée ou d'ozone) qui acidifient la muqueuse, la cautérisent légèrement, y déterminent des coagulations, et ont un rôle antiseptique très marqué.

Gautier a préconisé l'usage de l'hystéromètre en cuivre, dans les mêmes conditions. Boisseau-Durocher se sert d'un hystéromètre d'argent (avec des intensités relativement faibles parce qu'il craint des phénomènes toxiques, par formation d'albuminate d'argent). Ici, on utilise encore le pôle positif : il y a formation d'oxychlorure métallique et introduction du métal dans la muqueuse.

Nous avons utilisé ces procédés, et ils nous ont paru n'être véritablement supérieurs à l'emploi du platine que si l'on reste à des intensités faibles, sans doute, pensons-nous, parce que le dépôt d'oxychlorure prolonge l'action antiseptique de la séance ; avec des intensités fortes, au contraire, les résultats ne nous ont pas paru sensiblement différer, quelle que soit la nature des électrodes.

Enfin, Leduc a démontré la supériorité de l'hystéromètre en zinc comme coagulant de l'albumine et du sang, et il est certain que, en tant qu'hémostatique, ce métal paraît mériter une place prépondérante.

Nous avons d'ailleurs trouvé qu'il était quelquefois mal supporté et occasionnait des douleurs, et d'autre part, précisément en raison de son pouvoir coagulant considérable, il exige qu'on prenne certaines précautions pour ne pas léser la muqueuse quand on retire l'hystéromètre.

***Rétrécissements.*** — C'est encore Tripier (1) qui, le premier, utilisa le courant continu dans la cure des rétrécissements.

Le pôle employé est, dans ces cas, le pôle négatif, et le métal est indifférent, puisque les métaux ne sont pas attaqués à ce pôle.

Il y a à considérer deux actions différentes de l'électricité.

La première se traduit par une *facilité plus grande au passage* du cathéter ; elle est due pour une part à des réactions physiologiques spéciales au voisinage de la cathode, et d'autre part à

(1) Tripier et Mallez, Académie de médecine, prix d'Argenteuil, 1867.

des actions chimiques : il y a, au niveau d'une électrode métallique reliée au pôle négatif, dégagement de gaz (hydrogène plus abondant que l'oxygène du positif) et d'eau, amenée plus vraisemblablement par cataphorèse que par électrolyse, et l'on comprend que la présence de cette « mousse » se dégageant constamment entre la muqueuse et l'instrument aide l'introduction.

De plus, Bergonié fait remarquer l'importance de la présence de la soude dégagée au niveau du pôle négatif qui forme un excellent lubrifiant et rend les tissus plus onctueux.

La deuxième action de l'électricité utilisée dans la cure des rétrécissements est l'action caustique. Se basant sur les caractères spéciaux exposés plus haut de l'escarre formée au pôle négatif (escarre basique), on a compté réaliser, grâce à l'électrolyse, une section ou une destruction du rétrécissement ne présentant aucune chance de récidive.

Malheureusement, cette donnée n'est vraie que pour certains tissus. Dans l'utérus, par exemple, il est possible, sans inconvénient, d'atteindre des intensités (100 milliampères et plus) capables de détruire chimiquement des rétrécissements et il n'y a à la suite aucune rétraction cicatricielle due à l'application. Mais il n'en est pas de même pour l'urètre. Cliniquement tous les auteurs qui ont employé des intensités assez fortes pour obtenir des destructions de tissus ont eu des accidents immédiats et, quand les malades ont survécu, des rétrécissements cicatriciels; expérimentalement, on peut tirer cette conclusion des expériences de Desnos, puis de Minet: que, chez le chien, l'urètre traumatisé réagit même quand le traumatisme était une escarrification négative, toujours de la même façon en produisant un rétrécissement cicatriciel.

Pour l'urètre, on ne saurait donc parler du traitement des rétrécissements par *destruction* électrolytique. Il n'en est pas moins vrai que le traitement électrique jouit d'une certaine vogue. Ses partisans se rattachent à deux écoles différentes : les uns emploient une méthode rapide : en une séance ils sectionnent le rétrécissement; quand ils utilisent des intensités faibles, ils ne produisent certainement pas une escarrification dangereuse, ni même appréciable, mais le résultat semble plutôt dû à une divulsion heureuse favorisée par le passage du courant qu'à une action directe de l'électricité. Les autres préconisent une méthode lente, à laquelle nous nous rallions absolument et dont les derniers perfectionnements ont été apportés par Minet qui donne à son procédé un nom caractéristique qui suffit à renseigner sur son mécanisme : *dilatation électrolytique*. L'électricité sert alors à rendre plus facile, moins douloureuse et plus rapide la dilatation, et, d'autre part, à obtenir, sans rien détruire, divers processus curateurs sur la muqueuse et les tissus péri-urétraux.

L'électrolyse avec le pôle négatif a été également utilisée avec des succès divers dans d'autres rétrécissements (œsophage, rectum, etc.).

***Oto-rhinologie.*** — Depuis Garigou-Desarenes, qui, il y a déjà de longues années, a fait de très nombreuses recherches, jusqu'à Didsbury, qui, ces derniers mois, a publié un mémoire très intéressant, on s'est largement servi de l'électrolyse : tantôt on a employé des métaux attaquables et le pôle positif pour modifier la muqueuse et y réaliser une action antiseptique (traitement de l'ozène par exemple), tantôt on a réalisé des destructions de tissu avec l'un ou l'autre pôle (éperon de la cloison, hypertrophie des cornets, etc.), tantôt enfin on a cherché à utiliser la facilité plus grande du cathétérisme obtenu grâce au pôle négatif (points lacrymaux, trompe d'Eustache).

Nous ne pouvons entrer dans le détail des très multiples applications qui ont été faites et qui trouveraient une place suffisante seulement dans des traités spéciaux.

***Dermatologie.*** — L'électrolyse a été ici aussi largement employée. Nous ne citerons que deux applications principales qui sont devenues classiques :

Dans l'*hypertrichose*, une aiguille très fine, reliée au pôle négatif, est introduite dans le follicule pileux ; le passage du courant facilite considérablement son glissement, puis détermine une escarrification du follicule qui en amène la disparition.

Dans les *angiomes*, une aiguille recouverte d'un vernis isolant sur la plus grande partie de son étendue et dénudée seulement à son extrémité est enfoncée dans les tissus à détruire et reliée au pôle positif (1).

La couche isolante empêche toute action électrolytique de se produire au niveau de la peau, et on détermine au niveau de la pointe restée conductrice une coagulation sanguine strictement sous-cutanée.

(1) On peut ainsi, dans certaines conditions, employer le pôle négatif et même les deux pôles, chacun étant relié à une aiguille différente.

## IV. — MATÉRIEL ET TECHNIQUE DE L'INTRODUCTION ÉLECTRIQUE DES MÉDICAMENTS

### I. — MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

***Source de courant.*** — Pour pratiquer l'introduction médicamenteuse, il est nécessaire et il suffit d'avoir une source de courant continu qui peut être :

1° Un courant industriel (secteur de ville à courant continu, par exemple). — Nous ne saurions recommander son usage; d'abord parce qu'il exige toutes sortes de précautions relatives à l'isolement de la *ligne*, dans le détail desquelles nous n'entrerons pas ici ; ensuite parce que les usines d'éclairage fournissent un courant très suffisamment constant pour le fonctionnement des lampes dont la résistance est grande, mais qui donnerait en application médicale, où la résistance est bien plus faible, des trépidations, des trémulations ou même des secousses pénibles pour le patient.

2° Une batterie d'accumulateurs. — Elle sera chargée par le courant de la ville, puis séparée complètement des lignes urbaines pour être utilisée sur le malade. Cette batterie, pour pouvoir servir dans toutes les applications qu'on pourra avoir à faire, devra comprendre au moins 30 éléments.

3° Une batterie de piles. — C'est à cette source d'électricité qu'il faudra avoir recours dans le cabinet du médecin, si on n'a pas la possibilité de recharger des accumulateurs dont l'emploi est préférable et surtout quand on sera forcé de faire les applications au domicile du malade.

Chez lui, le médecin se trouvera bien d'utiliser des piles de grand modèle, réunies en tension, et en nombre suffisant pour lui fournir 60 volts environ au minimum ; avec des piles de taille suffisante, on peut faire des applications durant de longs mois, sans avoir besoin de les recharger.

Pour aller au domicile du malade, il est nécessaire, pour que l'appareil soit suffisamment transportable, d'avoir des piles assez petites (fig. 3) ; mais il est indispensable de se souvenir que, l'introduction électrolytique étant fonction de la quantité d'électricité, les piles devront être assez grandes cependant pour pouvoir fournir sans détérioration trop rapide (1) une

(1) Voy., sur ces questions, *Électrothérapie clinique* par Laquerrière et Delherm, chapitre III, Matériel élémentaire et son usage, ainsi que chapitre V, Quelques détails de pratique indispensables a connaitre.

intensité de 100 milliampères et pour pouvoir fournir cette intensité durant une heure par jour. Il sera, de plus, nécessaire que les piles soient en assez grand nombre pour qu'on ait un




Fig. 3. — Batterie de piles transportable.

voltage assez élevé, 35, 40, 50 volts (ce qui serait préférable, mais bien encombrant), suivant les cas.

En pratique, nous nous sommes servis, jusqu'à présent des piles au bisulfate de mercure de Gaiffe, modèle pouvant donner 100 milliampères, en batterie de 24, de 36 ou même de 40 éléments. Nous en avons eu toute satisfaction ; mais nous avons cependant l'intention d'essayer les piles nouveau

modèle au bioxyde de manganèse et chlorure de zinc du même constructeur, qui nous paraissent capables d'avoir une durée plus longue.

***Appareils de mesure.*** — Il est indispensable d'avoir un galvanomètre, et un *bon* galvanomètre, qui, introduit dans le circuit, permettra à chaque instant de connaître l'intensité. Nous n'insistons pas sur les multiples inconvénients du procédé, ancien, abandonné aujourd'hui, consistant à apprécier l'intensité par le nombre de piles employées, ni sur la difficulté qu'il y a à obtenir même une donnée approximative avec les boussoles ou autre *galvanoscope* dont on s'est servi un moment.

Ce milliampèremètre devra mesurer l'intensité au moins jusqu'à 100 milliampères.

***Appareils de graduation.*** — Pour les applications sur le tronc ou les membres, on peut, à la rigueur, se servir du simple collecteur qui permet d'introduire ou de retirer les *éléments* du circuit. Encore faudra-t-il rejeter ceux de ces collecteurs qui introduisent à la fois plusieurs éléments, car alors les secousses ressenties à chaque augmentation ou diminution d'intensité seraient trop fortes pour être facilement tolérées par les sujets.

Dans la plupart des cas, il est plus commode, et quand on fait des applications sur la tête il est indispensable, d'utiliser un *rhéostat*, ou mieux un *réducteur de potentiel* qui permet de varier l'intensité d'une façon régulièrement progressive sans produire aucune secousse.

***Accessoires.*** — Il est encore nécessaire d'avoir des *fils* conducteurs pour relier à la pile le galvanomètre et les électrodes, et enfin des *électrodes* dont la description se trouvera à la technique de l'application.

## II. — TECHNIQUE DE L'INTRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE MÉDICAMENTEUSE

Pour Leduc, la technique de l'introduction médicamenteuse doit être très rigoureuse : *elle exige des précautions aussi minutieuses que la pratique de l'asepsie* dans une opération chirurgicale. Surtout si l'on veut avoir une notion approximative des doses introduites, il est certain qu'on ne saurait s'entourer de trop de précautions.

Dans certains cas, des erreurs de dispositif, légères en apparence, pourraient en fausser les résultats. Pour prendre un exemple, si l'on veut introduire l'ion salicylé, ion complexe, il faudra soigneusement éviter d'avoir dans les électrodes même des traces de chlorure de sodium, car l'ion chlore simple et très petit, passant facilement, servirait probablement presque exclusivement à transporter le courant, si bien que le transport salicylique deviendrait illusoire.

*Électrodes.* — Les électrodes pourront être formées soit par des bains locaux, soit par des tissus spongieux imbibés de la solution.

Pour les bains, ils devront être donnés dans des cuvettes en substances (émail, porcelaine, etc.) incapables d'être attaquées par les produits d'électrolyse et de fournir des ions.

Elles devront être soigneusement nettoyées, puis rincées minutieusement à l'eau distillée entre chaque application, de façon à ne pas contenir de traces d'un ancien bain quand on désirera se servir d'une nouvelle substance.

Les plaques conductrices destinées à amener le courant dans l'eau du bain devront être pour l'anode du même métal que celui du sel en solution et pour la cathode d'un métal propre, non recouvert, par des séances antérieures, d'un dépôt salin, toujours pour éviter la dissolution des substances étrangères et la formation de nouveaux ions. Mais il sera plus commode, dans la plupart des cas, de se servir de plaques de charbon de cornue ; seulement, le charbon, à cause de sa porosité, se chargeant facilement des substances dissoutes avec lesquelles il s'est trouvé en contact, il faudra avoir soin : 1° de laisser ces plaques tremper dans l'eau distillée entre les séances ; 2° de se servir toujours de la même plaque pour le pôle positif et de la même plaque pour le pôle négatif, afin que les anions dont la première peut rester imprégnée malgré les lavages à l'eau distillée et que les cations que peut contenir la seconde malgré ces mêmes lavages n'aient pas tendance à abandonner la plaque où ils sont.

Quant aux corps spongieux, ils doivent être exempts de toute trace de substance électrolytique.

Dans ces cas, « la classique peau de chamois, recouvrant des plaques d'étain, doit disparaître » (Leduc). On ne doit pas non plus employer d'étoffes lavées avec une lessive de carbonate de potassium. Les étoffes doivent être soumises à un lavage à l'eau distillée, car elles ne doivent contenir aucune autre substance électrolytique que celle que l'on veut employer. — A l'heure actuelle, différents fabricants, conformément aux instructions de Leduc, fournissent des tissus de coton hydrophile qui offrent la pureté chimique désirable, épousent bien la forme des téguments et retiennent suffisamment de la solution pour former un milieu dont l'humidité est satisfaisante. On placera sur ces tissus soit une plaque de charbon (en s'entourant des précautions indiquées plus haut), soit, ce qui sera plus commode dans la plupart des cas, une plaque métallique qui se moulera mieux sur la forme extérieure de l'organisme. Cette plaque sera, quand cela sera possible, du même métal que le métal du sel à électriser. Dans les autres cas, les plaques devront être propres et l'épaisseur de la couche de tissu hydrophile sera suffisante pour préserver les téguments contre

l'introduction des ions nés au contact du métal des électrodes. Suivant la grosseur du tissu hydrophile employé, on utilisera douze, seize, vingt-quatre épaisseurs de ce tissu.

D'une façon générale, on placera d'abord le tissu hydrophile imprégné de la solution tiède, on posera dessus la plaque métallique et, pour éviter que la compression fasse couler le liquide sur les vêtements du malade, on entourera le tout d'une large feuille de tissu imperméable débordant largement le tissu hydrophile dans tous les sens et présentant seulement un minime orifice à travers lequel passera le fil conducteur. Enfin, on fixera le tout par des lacs ou par des bandes de tissu élastique en ayant soin que la compression soit suffisante, sans cependant être trop forte, ce qui dessécherait trop l'électrode, et uniforme en tous les points de façon que certaines parties de l'électrode trop comprimées ne deviennent trop sèches, ce qui ne laisserait passer le courant que d'une façon insuffisante à leur niveau.

Si l'on veut circonscrire exactement la surface d'introduction, comme par exemple dans le traitement de l'épithélioma de la peau par l'ion zinc, on découpe dans un imperméable (taffetas gommé) un orifice de la dimension et de la forme désirées, et on l'applique sur la peau avant de placer le tissu hydrophile.

Si l'on désire diminuer la circulation afin d'arrêter la diffusion de la substance électrolysée, on peut mettre un lacs au-dessus de la région traitée, mais on peut aussi replier les bords des compresses hydrophiles de façon que l'électrode ait une épaisseur bien plus grande à la périphérie qu'au centre; la bande destinée à maintenir en place est alors suffisante pour assurer une compression sur tout le pourtour.

Tout ce que nous venons de dire s'applique à l'électrode active; l'électrode indifférente pourra être quelconque; mais, si l'on veut pouvoir calculer approximativement la quantité de médicament introduite d'après la formule de Leduc, il sera bon de la constituer par une vaste plaque de tissu hydrophile imprégné de chlorure de potassium (l'ion chlore et l'ion potassium ayant sensiblement la même vitesse, ce qui permet d'avoir un chiffre identique, quelle que soit la polarité de cette électrode indifférente).

*Solutions.* — Les solutions actives doivent être faites avec de l'eau aussi pure que possible, récemment distillée et conservée à l'abri de l'air.

Pour notre part, nous avons essayé de faire de l'électrolyse avec des *boues médicamenteuses chaudes*.

Nous employions des électrodes d'argile d'Apostoli, mais préalablement chauffées, et contenant soit de la lithine, soit du salicylate ; les résultats thérapeutiques nous parurent satisfaisants, mais des examens (insuffisamment précis, d'ailleurs) ne nous permirent pas de trouver dans les urines ni salicy-

late ni lithium; le procédé semblait donc être bon en tant que traitement, mais c'était un mauvais moyen de faire de l'électrolyse médicamenteuse, et cela évidemment parce que l'argile était un milieu trop complexe (1).

Les solutions de sel sont en général de 1 ou 2 ou 3 p. 100; leur titre n'a d'ailleurs pas d'importance, puisque le transport dépendra de la quantité d'électricité employée.

Pour la lithine, on a l'habitude d'ajouter au chlorure de lithium un peu de lithine caustique et on utilise le plus souvent la formule suivante:

| | | |
|---|---|---|
| Eau distillée........ | 100 | Alcaliniser avec lithine caustique, environ $\frac{1}{2000}$. |
| Chlorure de lithium. | 2 | |

« La concentration des solutions qui imprègnent les électrodes n'a aucune influence sur l'introduction des ions ; les effets produits ne dépendent que de la nature des ions et de leur vitesse d'introduction, c'est-à-dire de l'intensité du courant. A d'autres égards, la concentration cependant n'est pas indifférente; c'est ainsi que si l'on appliquait sur la peau des solutions d'acides ou de bases fortes à la concentration de 1 p. 100, on produirait des actions caustiques directes, sans le courant électrique. Si l'on voulait employer l'introduction lente des ions H, ou OH, de ces solutions, il faudrait employer des dilutions d'au moins un millième. D'ailleurs, l'avantage d'employer des concentrations fortes est de diminuer la résistance des électrodes et de se préserver des ions étrangers venant des plaques métalliques; quand on emploie un sel neutre, peu dissocié, sans action directe sur la peau, on l'emploiera en solution de 1 à 5 p. 100; mais les électrolytes actifs, comme les acides et les bases, comme nous l'avons vu, ne sont actifs que parce qu'ils sont fortement dissociés, parce qu'ils contiennent un grand nombre d'ions et, à de grandes dilutions, ils sont très conducteurs et protègent bien contre les ions parasites » (Leduc.)

***Choix des pôles.*** Suivant la substance que l'on voudra faire pénétrer, il faudra placer la solution active soit à un pôle, soit à un autre.

*Les alcaloïdes et les métaux sont des cations*, c'est-à-dire qu'ils se dirigent vers l'électrode négative; si donc on désire les faire pénétrer, il faudra mettre le corps qui les contient au

(1) De même, le Dr Mario Fontana vante les bons effets obtenus par l'emploi de l'électrolyse de boues naturelles. — Il nous paraît difficile de dire si les résultats sont dus à une introduction de substances particulières ou ne sont pas simplement ceux qu'on obtiendrait en utilisant des applications séparées de boues et d'électricité.

pôle positif; par exemple, on mettra au pôle positif le chlorhydrate de cocaïne ou le carbonate de lithine, parce que, dans ce cas, la substance à introduire est la cocaïne ou le lithium.

*Les métalloïdes et les radicaux acides sont des anions*, c'est-à-dire qu'ils remontent le courant vers le positif ; quand on voudra utiliser ces corps, on placera donc les solutions qui les contiennent au négatif ; c'est ainsi que, si on prend du salicylate de soude ou de l'iodure de potassium, on les mettra à la cathode, parce que ce que l'on veut faire pénétrer est l'ion salicyle ou l'ion iode.

***Précautions durant la séance.*** — Chez les personnes à peau grasse, il sera bon, afin que le courant se répartisse également sur toute la surface de l'électrode, de dégraisser l'épiderme avant la séance par un léger savonnage ou une friction à l'éther.

Une fois les électrodes en place, on commence la séance en ayant soin d'augmenter l'intensité très lentement, en suivant de l'œil le galvanomètre.

Si le malade accusait une douleur marquée en un point, ou si des phénomènes douloureux se produisaient avec une intensité trop faible, il y aurait lieu de chercher la cause de cette intolérance.

Il faut, pour cela, examiner l'épiderme et l'électrode : sur l'épiderme, une éraillure, une écorchure, un bouton, en formant une solution de continuité épidermique, rendent les terminaisons nerveuses plus vulnérables, et, d'autre part, occasionnent, par suite de la diminution de résistance sur la surface dénudée, une densité de courant bien plus considérable en ce point. Un morceau de papier sec, ou une goutte de collodion que l'on versera après avoir bien asséché les tissus pour qu'elle y adhère, suffisent pour isoler la lésion et rétablir la tolérance.

L'électrode peut présenter une défectuosité, la couche hydrophile peut être trop mince en un point (c'est pour éviter cet inconvénient qu'il est de beaucoup préférable d'employer des tissus et non du simple coton hydrophile dont les masses peuvent glisser les unes sur les autres), et alors les produits d'électrolyse irritent la peau, ou la plaque métallique a glissé et est venue au contact de l'épiderme ; dans ces cas, on appliquera à nouveau l'électrode en ayant soin que le même inconvénient ne se reproduise pas.

« La douleur produite n'est pas en proportion de l'intensité du courant : elle dépend beaucoup plus de la vitesse avec laquelle on élève l'intensité, elle diminue ou disparaît lorsque l'intensité, ayant atteint son maximum, devient invariable ; le malade se plaindra au début avec une intensité de moins de 10 milliampères et, après un quart d'heure, supportera 100 milliampères sans aucune douleur. Cela tient à ce qu'au

début, sans intervention du médecin, l'intensité s'élève rapidement et spontanément par la diminution de résistance. Il est donc très important de n'élever que très doucement l'intensité, en consultant la sensibilité du malade. » (Leduc.)

On évitera autant que possible les augmentations brusques d'intensité et les secousses.

Une fois l'intensité désirée obtenue, on laissera le courant passer en surveillant toujours le galvanomètre, car il peut arriver que, la résistance diminuant par suite du passage du courant, l'intensité monte d'elle-même à une dose trop élevée ; on habituera le malade à distinguer la sensation de picotement et de chaleur, qui est normale durant la séance, d'une sensation de brûlure qui indiquerait ou que l'intensité est trop élevée pour l'intégrité de l'épiderme, ou qu'il s'est produit un accident soit du côté de la peau du malade, soit du côté de l'électrode.

Le temps voulu écoulé, on diminuera l'intensité avec la plus grande douceur pour revenir à zéro.

***Intensité, durée, répétition des séances.*** — L'intensité peut être aussi grande que le malade peut la tolérer ; théoriquement, dans une solution électrolytique, il n'y a aucun intérêt à se servir d'intensité élevée : si l'intensité est faible, mais la durée longue, le résultat est le même que si l'intensité est forte et le temps court, puisque la quantité d'ions déplacés est déterminée par le nombre de coulombs. Mais, quand il s'agit de l'organisme, Leduc pense qu'il n'en est plus de même : « Les effets électrolytiques du courant sont surtout des effets secondaires soumis à l'influence des masses, à la loi de Gudberg et Waage, dépendant par conséquent, dans une large mesure, de la vitesse d'introduction. Nous avons fait de nombreuses expériences avec des ions variés, introduisant même quantité d'électricité, le même nombre de coulombs, avec des intensités très faibles pendant un temps très long, puis avec des intensités très grandes pendant un temps très court : dans ce dernier cas, les effets physiologiques sont toujours beaucoup plus marqués ; leur proportionnalité au nombre des coulombs est donc une opinion *a priori*, contraire au raisonnement et aux résultats de l'expérience. » (Leduc.)

Avec les ions très diffusibles, il est évident que, si on se sert d'intensité faible, le courant sanguin entraînera facilement au fur et à mesure les minimes quantités introduites et on n'observera aucune action locale. Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, comme il est nécessaire, pour faire pénétrer à quelque profondeur, d'employer une grande quantité d'électricité, il est préférable d'employer de hautes intensités pour ne pas être obligé de prolonger indéfiniment la séance.

En principe, on ira donc au maximum que pourra supporter

le malade : 60, 80, 100 milliampères ou même plus, suivant la taille des électrodes.

Les séances seront longues : elles ne dureront pas moins de trente minutes et pourront atteindre quarante-cinq minutes à une heure.

Elles ne doivent pas avoir lieu plus de trois fois par semaine (si une cause quelconque, par exemple le nervosisme d'un malade impatient, empêchait de les faire suffisamment longues ou intenses, on pourrait alors en faire tous les jours). La peau et les tissus restent longtemps modifiés après chaque application ; la résistance à l'action destructive du courant et la tolérance du sujet diminuent d'une séance à l'autre.

Si le traitement a besoin d'être prolongé longtemps, comme dans certains rhumatismes déformants anciens, par exemple, il sera bon de laisser de temps à autre un repos d'une huitaine de jours pour permettre à l'épiderme de retrouver son intégrité.

Dans les autres cas, on continuera le traitement sans laisser de repos véritable, mais le plus souvent on sera obligé, au bout de quelque temps, soit de diminuer ou la durée ou l'intensité, soit de ne plus faire que deux séances par semaine.

# V. — ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR LA PÉNÉTRATION DES IONS

## I. — TRANSPORT DES IONS DANS LES MILIEUX INERTES

De très nombreux auteurs ont décrit des dispositifs expérimentaux plus ou moins élégants pour montrer la pénétration électrolytique. Nous nous contenterons de citer seulement les deux suivants :

***Expérience des trois vases.*** — Hittorf, vers 1850, prit trois capsules de porcelaine communiquant par des tubes de verre remplis d'argile humide. Il plaça dans les deux capsules extrêmes de l'eau ordinaire, dans celle du milieu une solution de chlorure de sodium. Il fit passer un courant en mettant chacune des deux électrodes dans une des capsules extrêmes; il constata, au bout d'un certain temps, la présence du chlore dans la capsule positive, du sodium dans la capsule négative.

Ensch reprit l'expérience d'une façon un peu différente (fig. 4) : il utilisa trois vases cylindriques A, B, C, placés à côté les uns des autres; le vase A reçut l'électrode positive et fut rempli, ainsi que le vase B, avec de l'eau ordinaire. En C on plaça une solution d'iodure de potassium à 10 p. 100 dans laquelle plongeait le pôle négatif. Au positif était suspendu un fragment de pomme de terre bouillie. Les trois vases étaient réunis par des mèches de coton imbibées d'eau contenue dans des tubes de verre coudés. Un courant de 1 milliampère 1/2 est établi à 9 h. 30 du matin. A 1 h. 15, on observe la coloration bleue de la pomme de terre suspendue dans le vase A. C'est bien le courant qui a déterminé le passage de l'iode, car, par capillarité seule, l'iode n'arrive à se déceler qu'en un temps bien plus long. On le démontre en prenant (fig. 5) deux vases A et B réunis par une mèche semblable à celle employée précédemment. Le vase A contient de

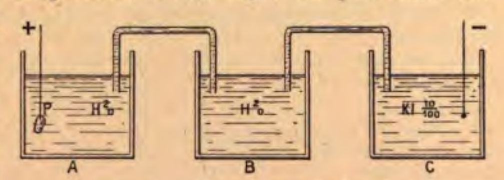


Fig. 4. — Expérience de Ensch.

*Par électrolyse, l'ion I est transporté en 3 h. 45 à travers deux tubes coudés et le verre médian.*

l'iodure de potassium, le vase B est rempli d'eau ordinaire dans laquelle plongent les deux électrodes. Dans ces conditions, ce n'est qu'au bout de quarante-huit heures que la coloration violette de la pomme de terre suspendue au pôle positif indique que l'iodure de potassium, enfin arrivé par capillarité en B, a été électrolysé.

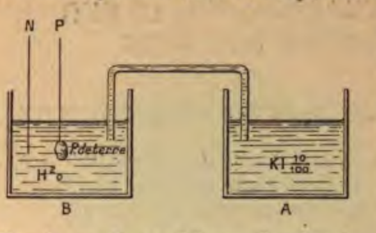



Fig. 5. — 2e expérience de Ensch.

*Par capillarité seule, l'ion I est transporté en 48 heures à travers un seul tube coudé.*

***Expériences sur la pomme de terre.*** — Ensch avait déjà indiqué cette expérience, qui a été reprise beaucoup plus complètement par Chatzky.

On creuse dans une pomme de terre crue une cavité dans laquelle on verse une solution d'iodure de potassium.

En plaçant de différentes façons des électrodes de différentes formes, on constate les faits suivants :

1° L'iodure de potassium est décomposé ;

2° L'iode va donner sa réaction caractéristique sur l'amidon au niveau du pôle positif (fig. 6) ;

3° Cette coloration est maxima au point de contact de l'électrode, mais va en s'atténuant dans une zone plus ou moins étendue autour de l'électrode (ainsi se trouve démontré schématiquement ce qu'est l'action polaire de contact et l'action polaire de voisinage) ;




Fig. 6. — Expérience de Chatzky.

*KI est décomposé à travers la pomme de terre et l'iode se dégage au positif.*

4° Dans l'espace qui sépare la cavité contenant l'iodure de l'électrode ou de son voisinage même, on n'observe aucune réaction indiquant la présence d'iode libre (parce que les ions, tant qu'ils ne sont pas redevenus des atomes, n'ont pas les réactions chimiques des corps auxquels ils appartiennent et ne les reprennent qu'au contact de l'électrode ;

5° Les mêmes phénomènes se produisent quand on a tapissé la cavité d'une membrane animale, une peau de poulet, par exemple (il faut alors seulement un temps plus long ou un cou-

rant plus fort pour que la réaction se produise au même degré).

6° La réaction se produit même quand la cavité remplie d'iodure de potassium ne se trouve pas sur la ligne droite qui joint les deux électrodes, ce qui démontre bien que le courant ne passe pas en ligne droite, mais se répand dans toute la largeur du conducteur, et que les ions qui se trouvent en dehors de cette ligne droite sont cependant entraînés vers les pôles auxquels ils correspondent (fig. 7);

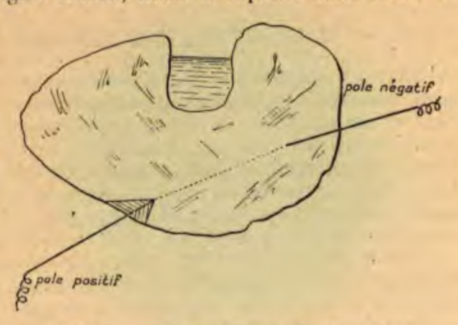



Fig. 7. — 2e expérience de Chatzky.

*L'électrolyse de l'iodure se produit même quand KI n'est pas sur la ligne droite joignant les électrodes.*

7° Un courant d'eau (fig. 8), même faible, interposé entre les deux pôles sur le passage présumé des ions, empêche la réaction de se produire, ce qui démontre que les ions sont entraînés par ce courant d'eau, et Chatzky en tire cette conclusion que la pénétration médicamenteuse profonde est impossible parce que, toujours, un ion rencontrera un vaisseau sanguin qui l'emportera avant qu'il ne puisse arriver à une certaine profondeur.

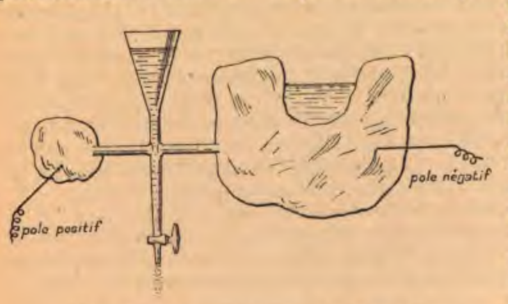



Fig. 8. — 3e expérience de Chatzky.

*L'interposition d'un courant d'eau empêche l'arrivée de l'ion I à l'électrode positive.*

Nous jugeons d'ailleurs inutile d'insister sur des expériences de ce genre, car les preuves physiques et chimiques de l'électrolyse sont tellement nombreuses et indiscutables que nier la pénétration électrolytique serait nier toute l'électrochimie.

Nous croyons beaucoup plus intéressant d'insister sur les expériences relatives aux tissus animaux, parce qu'elles nous permettront de mieux saisir certaines particularités de l'ionothérapie électrique, et nous donneront certains éclaircissements sur sa valeur.

## II. — TRANSPORT DES IONS DANS LES TISSUS MORTS

Labatut a montré par l'analyse chimique l'entraînement de la matière dans les tissus morts. La substance qu'il a choisie pour ce transport est le lithium, qui peut être révélé d'une façon tout à fait sûre par l'analyse spectrale. L'auteur, ayant eu en vue surtout les déductions à tirer au point de vue thérapeutique, a cherché à déterminer pour une intensité et une durée données à quelle profondeur avait lieu la pénétration sous l'action du courant.

A cet effet, Labatut a fait construire une cuve rectangulaire en verre à parois épaisses; un morceau du grand fessier d'un cheval a été logé dans la partie médiane de cette cuve, en ayant soin qu'il fût bien appliqué contre les parois sur toute sa longueur. Il y avait ainsi à chaque extrémité de la cuve deux espaces vides dans lesquels on versa une solution de chlorure de lithium à 5 p. 100, jusqu'à une hauteur inférieure d'un centimètre à celle du muscle.

Dans chacune des extrémités on introduisit une électrode en charbon à lumière et on pratiqua l'électrolyse avec 8 milliampères pendant une heure. Après avoir terminé l'opération, on lava à grande eau les espaces qui contenaient le chlorure de lithium avant de toucher au muscle, de manière à être sûr qu'il ne restait plus de chlorure de lithium à la surface de ces extrémités libres. Le muscle fut ensuite découpé en huit tranches égales d'où l'on a extrait et dosé séparément les ions. Pour cette extraction et ce dosage, les matières organiques furent fluidifiées sous l'action du chlore dégagé par un mélange de chlorate de potassium et d'acide chlorhydrique. On évapora à sec et on carbonisa ensuite par la chaleur.

Le charbon obtenu fut lavé par de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique; on filtra, on évapora la filtration qui contenait le chlorure de lithium impur, et le résidu sec fut traité par un mélange d'alcool et d'éther anhydres qui dissout le chlorure de lithium.

Après évaporation de l'alcool éthéré, le chlorure dissous dans l'eau fut précipité à l'état de phosphate trilithinique, séché et pesé.

Les résultats furent absolument positifs: le muscle contenait les six dixièmes de la quantité de lithium qui, d'après la loi de Faraday, devait être théoriquement transportée dans un voltamètre ordinaire.

On a retrouvé dans le premier morceau du muscle, à l'entrée du courant, les cinq sixièmes du lithium transporté ; le dernier sixième était dans le second morceau. Les autres tranches en étaient dépourvues, sauf la dernière qui, pendant l'électrolyse, étant en contact avec la solution du sel servant à la sortie du courant, a montré à l'analyse spectrale l'existence d'une certaine quantité de lithium qui avait pénétré par dialyse. On pratiqua l'analyse quantitative ; cette dernière fit voir que la quantité absorbée était absolument négligeable. Ainsi, les résultats montrent d'une façon certaine qu'il y a dans les tissus morts transport du lithium par électrolyse.

## III. — TRANSPORT DES IONS DANS LES TISSUS VIVANTS

1° ***Expériences sur les animaux.*** — De nombreuses recherches ont été effectuées sur les tissus vivants pour démontrer la pénétration des ions.

Chez le lapin, Labatut a introduit de l'arséniate de soude qu'il a pu doser à l'aide de l'appareil de Marsch. Les expériences de cet auteur, conduites avec beaucoup de prudence, ont une valeur considérable.

D'autres auteurs, notamment Ensch, se sont adressés à la grenouille. L'animal est attaché par les doigts à un chevalet en verre épais et placé à cheval sur deux vases en verre dont l'un contient de l'eau et l'autre de l'iodure de potassium. Une électrode négative en platine est placée dans le vase à iodure ; la positive, dans le vase contenant de l'eau, est en contact avec un fragment de pomme de terre bouillie. L'auteur reconnaît que dans cette expérience on est guetté à chaque instant par des causes d'erreur. Comme l'empois d'amidon est un réactif d'une très grande sensibilité, il est nécessaire de s'assurer, avant toute expérimentation, qu'on n'a pas contaminé l'amidon ou le vase par une trace d'iodure de potassium. Cette précaution est nécessaire ; aussi Ensch ne tient pas compte du bleuissement immédiat de l'empois d'amidon : il a soin de calciner les électrodes et de pratiquer l'« asepsie rigoureuse du millieu ».

Après avoir fait passer un courant de 4 à 8 milliampères, la réaction de l'amidon s'observe au bout d'un temps qui varie de quarante-cinq à cinquante minutes. L'ion pénètre dans la grenouille en vertu du transport électrolytique ; il en sort par le même processus. On peut objecter que c'est la diffusion qui intervient et que le transport électrolytique n'y est pour rien. Ensch, par une série d'expériences, montre que la diffusion simple met deux heures là où le courant met quarante-cinq minutes pour produire la réaction de l'iode ; le courant est donc un accélérant considérable.

On peut donc penser que le transport électrolytique est prouvé par l'expérience précédente ; elle l'est encore par celle d'Aubert

qui a pu exciter la sécrétion sudorale par l'introduction de la pilocarpine ; par les travaux de Oker-Blom qui a établi la pénétration de l'iodure de potassium dans le corps de la souris; et aussi par les intéressants travaux de Bordier. Une dernière expérience est à citer, parce qu'elle est une véritable expérience de cours. C'est la suivante, imaginée par Leduc.

L'auteur place deux lapins en série dans le même circuit. Le courant entre par un positif imbibé de sulfate de strychnine dans le premier lapin, en sort par une cathode d'eau, rentre dans le second par une anode d'eau pure et en sort par une cathode de cyanure de potassium. Avec un courant de 60 à 100 milliampères, on observe que le premier lapin est pris de convulsions tétaniques causées par l'introduction de la strychnine. Le deuxième meurt rapidement par suite de l'intoxication cyanique.

Si on inverse le courant, si l'on place la strychnine au négatif et le cyanure au positif, aucun des deux animaux n'est intoxiqué.

Cette expérience prouve la pénétration des ions toxiques à travers la peau saine. Elle démontre en outre qu'il s'agit bien d'électrolyse, qu'il n'y a pas cataphorèse, puisque le cyanure est introduit en remontant le sens du courant, et que l'osmose n'entre pas en jeu, puisque les phénomènes d'intoxication ne se produisent que si le courant passe dans un sens déterminé.

2° ***Recherche des médicaments électrolysés dans les urines.*** — La peau humaine vivante permet-elle la pénétration de substances introduites à l'aide du courant électrique ?

Pour répondre à cette question, Labatut a introduit sur un jeune homme, pendant quatre jours, durant une demi-heure chaque jour, à l'aide d'un courant de 4 milliampères, une solution de lithium, dont il a pu déceler l'élimination par l'analyse des urines.

A cet effet, 100 centimètres cubes d'urine ont été évaporés à sec, on a carbonisé le résidu, le lithium a été extrait et, quand on l'a obtenu à l'état de chlorure, on a décelé sa présence par l'analyse spectrale.

Le premier jour qui a suivi le début de l'expérience, on n'a pas constaté de lithium, même à l'état de trace. Le deuxième jour est apparue la raie caractéristique sur une très faible longueur d'onde évaluée à 670,6.

Le troisième jour, l'intensité de la raie est devenue plus nette.

Le quatrième jour, elle fut encore plus intense.

Néanmoins, jamais on n'a pu enregistrer la raie de longueur d'onde 670,2, qui ne s'observe, d'après Lecoq de Boisbaudran, qu'avec les solutions concentrées de chlorure de lithium, et cependant la quantité de lithium contenue dans les 100 centimètres cubes d'urine expérimentée se trouvait réunie dans un demi-centimètre cube de solution.

Le troisième jour, après la cessation du traitement, il n'y avait plus de trace de lithium dans les urines.

La visibilité croissante de la raie du lithium est une indication pour ainsi dire colorimétrique de l'accumulation de ce métal dans l'organisme.

Labatut conclut : 1° que le lithium est transporté à travers la peau par le courant ; 2° que l'élimination n'est pas immédiate ; 3° que l'élimination est toutefois assez rapide pour être terminée quelques jours après le début des expériences ; 4° que si, de ce fait d'une élimination relativement lente, on rapproche la localisation observée par pénétration dans les tissus morts, on conclut qu'il est possible d'amener un certain état d'imprégnation et de saturation de cette région, la profondeur atteinte étant d'autant plus grande que le traitement a été plus intense et plus prolongé.

De nombreuses expériences ont encore été effectuées à l'aide du lithium par Bordier, qui l'a également retrouvé dans les urines, et aussi par Destot, Savy, etc. Ce dernier, dans sa thèse, relate un certain nombre d'expériences inspirées par le schéma de Labatut et qui donnent des résultats à peu près comparables. Ces recherches ont été faites dans les services du professeur Lépine et du professeur Pollosson.

L'onction faite avec la pommade à l'acide salicylique effectuée immédiatement après une séance électrolytique de lithium a pour résultat d'accélérer l'élimination de ce sel. En effet, le lithium passe dans les urines quatre heures après l'expérience, et un échantillon du même liquide pris douze heures après ne donnait plus aucune réaction.

Chauvet (de Royat) a tenu à vérifier les expériences de ses devanciers ; il a fait prendre à un malade un bain hydro-électrique disposé de la façon suivante : les deux pieds et les deux mains étaient immergés dans de l'eau de la source Eugénie additionnée de 2 p. 100 de chlorure de lithium ; le pôle positif se trouvait à la main droite et au pied droit, le négatif à la main gauche et au pied gauche ; la durée du bain fut de quinze minutes. Pendant les huit premières minutes, l'intensité était de 12 à 15 milliampères, ensuite de 20. Le Dr Huguet pratiqua l'analyse de l'urine. Le liquide a été rendu nettement alcalin par l'addition de soude caustique ; la liqueur a été abandonnée à elle-même pendant vingt-quatre heures, puis filtrée pour séparer les phosphates terreux qui se sont déposés.

La nouvelle liqueur a été évaporée à consistance sirupeuse et abandonnée au refroidissement, puis décantée. Après lavage d'abord avec un volume égal d'eau bouillante, ensuite avec l'ammoniaque, le précipité de phosphate de lithine a été recueilli sur un filtre ; le dépôt chauffé donnait une perle transparente. Cette perle a été humectée d'acide chlorhydrique, et

la flamme, examinée au spectroscope, a montré la raie caractéristique du lithium.

La pénétration de l'iodure de potassium a été recherchée par de nombreux auteurs, depuis Fabre-Palaprat ; nous ne parlerons que des plus récents. A la suite d'Onimus et d'Erb ; Lauret, après s'être assuré que l'immersion simple de l'avant-bras dans une solution d'iodure de potassium ne donne aucun résultat, fit passer le courant et put constater la présence de l'iode dans les urines.

Plus tard, Foveau, Kahn sont parvenus au même résultat, et après eux de nombreux auteurs, parmi lesquels Oker-Blom. Cette question de l'introduction de l'iode est très controversée, les uns étant pour l'affirmative, les autres pour la négative. Il semble bien démontré maintenant que les partisans de la non-absorption ont été conduits à cette conclusion par les fautes de technique, ou encore parce qu'ils ont fait des expériences de durée trop courte pour permettre aux ions, dont la vitesse de translation est lente, de passer en quantité suffisante, ainsi que le remarque fort justement Ensch.

Il est nettement prouvé que l'iodure de potassium pénètre par l'électrolyse dans l'organisme, et que son élimination est beaucoup plus rapide que celle du lithium.

Leullieux a électrolysé le rubidium, et il a pu retrouver ce sel par analyse spectrale des urines.

Des recherches d'un même ordre ont été effectuées pour le salicylate de soude. Le professeur Bergonié, dans une communication à l'Académie des sciences, a apporté la preuve du passage de l'acide salicylique dans les urines.

Dans un travail plus récent, Bordet et Quilichini (1906) ont fait de nouveau des recherches qualitatives d'après le procédé indiqué par Denigès (de Bordeaux). Après avoir pris 10 centimètres cubes d'urine claire, on verse quelques gouttes d'acide chlorhydrique, et on ajoute un peu plus d'éther que d'urine ; on retourne, pour bien mouiller d'éther les parois du tube, et on agite une minute.

On enlève tout l'éther avec une pipette, on filtre ; on en met 1 centimètre cube dans un tube et, après avoir ajouté quelques gouttes d'eau avec une baguette de verre, on approche de cet éther moins d'une goutte de perchlorure de fer. Si l'on n'a aucune réaction, on continue de la manière suivante : après avoir mis une goutte d'éther filtré dans une petite capsule, on place cette capsule dans une autre plus grande qui contient l'eau chaude, et l'éther s'évapore.

Pendant ce temps, on a préparé une solution de perchlorure de fer dans 2 centimètres cubes d'eau.

L'éther une fois évaporé, il ne reste plus qu'à mouiller le fond de la capsule avec la baguette de verre trempée au

préalable dans la solution de perchlorure, pour déterminer, s'il y a de l'acide salicylique, une coloration violette.

Denigès a toujours trouvé, dans ses analyses, 2 à 4 centigrammes d'acide salicylique par litre. La pénétration se fait donc dans des proportions suffisantes pour permettre d'utiliser couramment ce mode de médication en thérapeutique locale.

3° *Examens histologiques*. — L'examen des tissus dans lesquels on a cherché à introduire des substances médicamenteuses à l'aide du courant a été fait par Tuffier et Mauté. Ces auteurs ont employé une solution de 1 p. 100 de trypanroth. Ils ont fait passer pendant quarante minutes un courant d'une intensité de 8 à 10 milliampères par centimètre carré d'électrode. La peau se colore, mais le tissu cellulaire sous-cutané reste intact. L'examen microscopique montre que l'introduction de la matière colorante s'est faite par les glandes, la gaine des poils, le revêtement épidermique. Les cellules de l'épiderme sont colorées d'une façon diffuse, les cellules du derme fixent la couleur sous forme de fines granulations.

Quand on introduit à l'aide du courant une solution de nitrate d'argent à 1 p. 100, avec la même intensité, on trouve chez le lapin des particules d'argent réduites entre les cellules polyédriques du corps muqueux, et dans ces cellules elles-mêmes, sous forme de fines granulations remplissant le protoplasma comme les granulations d'éléidine du stratum granulosum. Certaines cellules glandulaires sont également remplies, et on retrouve des traces d'argent aussi dans la couche superficielle du derme. Vingt-quatre heures après, le derme est le siège d'une infiltration leucocytaire intense au milieu de laquelle on constate toujours de fines et nombreuses particules d'argent.

Quelles que soient les modifications apportées à leurs expériences, les auteurs croient que les médicaments sont surtout demeurés dans la peau, où ils ont été absorbés plus ou moins rapidement; jamais ils n'ont pu les rencontrer dans la profondeur des tissus, pas même dans le tissu cellulaire sous-cutané. Ainsi l'introduction à travers la peau de l'ion salicylique, après injection préalable dans le tissu cellulaire sous-jacent d'une solution de perchlorure de fer, montre la réaction caractéristique sous forme de gros points noirs dans les couches superficielles du derme. Ni le tissu cellulaire sous-cutané, ni le muscle sous-jacent ne présentent cette réaction. Les auteurs concluent que le médicament peut être introduit à l'aide du courant continu, à travers la peau saine, où il est absorbé plus ou moins rapidement.

4° *Introduction d'ions colorés*. — Leduc et son élève Gonzalez Quijano ont donné une démonstration élégante

de la pénétration des ions à l'aide de l'ion permanganique qui est très coloré, pas diffusible, et qui irrite peu les tissus. Si l'on place sur chaque bras une électrode constituée par un tampon d'ouate trempé au préalable dans une solution de permanganate de potasse, et qu'on fasse passer un courant galvanique de 0,5 milliampère par centimètre carré pendant deux à cinq minutes, on constate, après avoir lavé chacun des deux bras, qu'il ne reste sous le positif aucune trace de l'ion permanganique, alors que, au contraire, sous le négatif, la peau est ponctuée de cercles de coloration brun noir, limités d'une façon nette, d'un diamètre d'autant plus grand que le courant a été plus long. L'ion permanganique semble pénétrer d'abord dans chaque orifice glandulaire et, de là, s'introduire dans la glande elle-même.

Cette expérience est à peu près indolore, elle donne une réaction inflammatoire faible, aussi elle peut être répétée facilement. Nous l'avons pratiquée sur nous-mêmes, et nous avons pu constater la persistance pendant plusieurs semaines du piqueté permanganique.

Leduc a fait la même expérience sur les oreilles d'un lapin, qu'il a ensuite photographié. On peut se rendre compte, d'après les photographies, que les foyers de pénétration de l'ion sont très nets, et que le simple contact, quelque prolongé qu'il soit, ne donne jamais rien d'analogue.

5° ***Voies de pénétration.*** — On a pu voir, dans les deux paragraphes précédents, que les ions pénétraient dans la peau par les orifices glandulaires.

Ehrmann notamment, en 1889, avait signalé que le bleu de méthylène était introduit par les glandes sudoripares et sébacées. Le même mode de pénétration est admis par Leduc. Pour Tuffier et Mauté, l'introduction paraît se faire d'une manière un peu plus diffusée.

6° ***Profondeur de pénétration.*** — Il ne semble pas que la présence des ions puisse être décelée, par les procédés actuels de recherche, à une très grande profondeur dans les tissus.

Les études histologiques de Mauté et Tuffier nous montrent en effet qu'on n'en retrouve pas trace dans le tissu cellulaire sous-cutané.

Labatut, expérimentant sur un morceau de cheval plongé dans une cuve contenant du lithium, ne trouva, après électrolyse et section du morceau en huit parties égales, ce sel que dans les deux tranches les plus rapprochées du pôle positif : cinq sixièmes dans la première et un sixième dans la deuxième tranche ; il n'y en avait pas trace dans les autres.

Destot, vers 1894, avait déjà recherché les médicaments qu'il avait introduits à l'aide du courant sur des parties du corps opérées et enlevées immédiatement après ; il n'avait pas pu, lui

non plus, arriver à constater leur présence à une certaine profondeur.

Il est possible et même très probable que les ions ne pénètrent pas très profondément ou qu'ils forment avec les protoplasmas cellulaires des combinaisons plus ou moins solubles et différentes de celles qu'ils présentent quand ils sont introduits par la voie sous-cutanée.

La pénétration superficielle des ions n'est pas, disent Tuffier et Mauté, en contradiction avec les résultats apportés par Leduc ; elle montre qu'il faut considérer deux actions différentes : 1° l'action médicamenteuse vraie qui reste localisée à la peau, sauf pour les médicaments diffusibles qui produisent des effets généraux après leur passage dans la circulation ; 2° l'action due aux phénomènes biologiques qui se produisent sous l'influence du courant, indépendamment de la solution employée. De telle sorte que l'action sur les tissus profonds n'est pas due à la présence du médicament lui-même, mais à l'action osmotique provoquée par le déplacement des ions de l'organisme.

7° ***Réversibilité des actions chimiques produites par le courant.*** — « Toutes les actions produites par le courant ne sont pas réversibles ; ainsi, nous avons échoué à faire ressortir des tissus, par le renversement du courant, l'ion permanganique précédemment introduit. Cette constatation ébranle le dogme, fondé sur la réversibilité, que les courants alternatifs n'exercent pas d'actions chimiques sur l'organisme. » (Leduc.)

8° ***Extraction des ions de l'organisme.*** — Les substances électrolysables contenues dans l'organisme sont soumises aux lois de l'électrolyse ; les ions qui les composent peuvent donc, sous l'influence du courant, traverser la peau, comme nous l'avons vu plus haut.

Aussi a-t-on essayé depuis longtemps d'utiliser l'électricité pour entraîner hors du corps des substances nocives. MM. Guilloz et Bordier, en particulier, ont, dans ces derniers temps, insisté sur des faits de cet ordre bien intéressants, mais sortant quelque peu de notre cadre.

## IV. — ACTION DE QUELQUES SUBSTANCES ÉLECTROLYSÉES SUR LES TISSUS

Ces actions ont été étudiées par Leduc et Gonzalez Quijano. En général, il se produit de la vaso-dilatation et de la rougeur de la peau au niveau des électrodes, et il y a une sensation de chaleur plus ou moins intense suivant l'intensité. Dans la plupart des cas, ces phénomènes disparaissent rapidement après la séance ; parfois il y a, dans les heures qui suivent, un peu de prurit.

Les orifices glandulaires, avec certains ions (brome, lithium, or, fer, manganèse), sont congestionnés, ce qui provoque un aspect piqueté de la région.

L'introduction électrolytique occasionne, pour divers ions, des sensations particulières. Le brome, l'iode, le chlore ne donnent qu'une légère cuisson; le lithium un peu de fourmillement. L'application est plus douloureuse avec le calcium, le baryum, le manganèse, le zinc, le fer, le cuivre.

L'ion salicyle est particulièrement bien toléré. L'anion OH et le cation H sont douloureux et altèrent rapidement les tissus; le premier donne une escarre alcaline, le deuxième une escarre acide.

L'ion carbonique paraît le plus douloureux à introduire.

Mais, outre les phénomènes sensitifs, on peut observer les réactions les plus diverses : certains ions très diffusibles sont immédiatement absorbés par la circulation et donnent très rapidement des phénomènes généraux; certains alcaloïdes, comme nous l'avons vu, tuent les animaux en expérience en quelques instants.

Leduc a observé plusieurs fois sur lui très facilement, avec de petites électrodes, les effets toxiques de la morphine.

D'autres substances ne diffusent pour ainsi dire pas; l'électrolyse du permanganate donne un précipité d'ion permanganique dans les glandes de la peau. La cocaïne provoque une anesthésie et un œdème strictement limité aux points d'application; il en est de même de la stovaïne.

D'autres substances diffusent, mais plus ou moins rapidement. Par exemple, quand on introduit de l'adrénaline (Leduc et Bouchet), on observe assez rapidement les symptômes d'intoxication générale, mais l'absorption vasculaire est indiquée par des lignes anémiques « d'une blancheur d'ivoire marquant jusqu'à une distance de plusieurs centimètres le trajet des veines afférentes à partir de l'électrode ».

Enfin certains ions provoquent des réactions de la peau, réactions plus ou moins tardives selon les cas et pouvant avoir une période de latence analogue à celle des radiodermites.

La cocaïne et la stovaïne, par exemple, ne peuvent être utilisées pratiquement pour produire l'anesthésie; il se produit d'abord une anémie persistante au niveau de leur surface d'application, puis un œdème non élastique semblable à un placard urticarien; l'œdème disparaît ensuite en laissant une paralysie vasculaire donnant à la région une coloration rouge brun. Cet état persiste une quinzaine de jours, et enfin les téguments desquament en larges pellicules, mais restent encore longtemps pigmentés en jaune brun.

Nous nous rappelons personnellement avoir, il y a des années, pratiqué une opération insignifiante, après anes-

thésie électrolytique par la cocaïne. Nous eûmes (Leduc n'ayant pas encore fait à ce moment la description des lésions cocaïniques) l'ennui d'assister à des phénomènes réactionnels assez intenses auxquels nous ne pûmes, à l'époque, attribuer une cause vraisemblable.

Le chrome donne immédiatement de la rougeur et une vive inflammation périglandulaire qui d'abord produisent une éruption papuleuse s'étendant autour de l'électrode; il se manifeste, au bout d'une vingtaine de minutes, une saillie en plaque, puis, les jours suivants, de l'escarrification qui se termine après trois semaines environ par une desquamation laissant après elle, soit de la peau normale, soit une cicatrice, selon l'intensité de l'application.

Les ions alcalins, l'ion magnésium, l'ion salicyle ne donnent que difficilement des lésions appréciables.

Les métaux alcalino-terreux manifestent, à dose suffisante, leur action de la façon suivante : après l'application, les téguments sont blancs comme si les tissus étaient imprégnés de sulfate, phosphate, carbonate du métal; le lendemain, la surface d'introduction est noirâtre et ecchymotique, puis il se manifeste un gonflement suivi d'un œdème élastique faisant une saillie de 8 à 10 millimètres. Cet œdème s'indure, les tissus s'escarrifient, il se forme un ulcère à base indurée ressemblant à un chancre syphilitique. Cet ulcère se creuse en forme de cratère dont le fond communique par un petit pertuis avec un décollement circulaire profond du tissu cellulaire sous-cutané. La réparation ne commence guère que quinze jours après la séance ; elle se termine en une quinzaine de jours en laissant une cicatrice indurée analogue à celle du chancre.

L'ion sulfurique laisse une surface parcheminée sèche, brillante, comme vernie, qui noircit les jours suivants en restant aussi lisse, et fait place, par desquamation, à une peau saine, environ trois semaines après l'expérience.

Les métaux dits *lourds* donnent des escarrifications, probablement par coagulation de l'albumine; en tout cas, celui dont l'action paraît la plus intense de beaucoup est le zinc.

L'ion lithium à des doses supérieures à celles employées en thérapeutique devient douloureux et provoque autour des orifices glandulaires une couronne de purpura typique. La peau met plusieurs semaines à retrouver son état normal.

L'introduction de l'ion arsénieux est très douloureuse et donne lieu à une éruption bulleuse herpétiforme. L'ion arsenic s'introduit facilement et ne produit pas les mêmes effets.

L'ion soufre provoque de la douleur et attaque vivement les tissus en produisant des effets analogues à ceux de l'hydroxyle OH.

## VI. — PRINCIPALES APPLICATIONS THÉRAPEUTIQUES DE L'IONOTHÉRAPIE ÉLECTRIQUE

### I. — GOUTTE

Garrod avait vu que des fragments de cartilages et d'os incrustés d'urate de soude, quand ils étaient trempés dans une solution concentrée de carbonate de lithine, étaient débarrassés de leurs dépôts goutteux.

Un phénomène analogue peut-il se faire dans les tissus?

En 1891, Edison eut l'idée de dissoudre les tophus goutteux et d'éliminer l'acide urique par l'introduction de substances avec lesquelles il puisse se combiner pour former un corps soluble.

Le lithium combiné avec l'acide urique constitue un composé d'urate de lithine beaucoup plus soluble que l'urate de soude; aussi Edison indiqua, comme procédé de traitement des accidents goutteux, la décomposition de sels de lithium et l'entraînement de ce métal dans les tissus à l'aide des courants.

Mais de nombreuses objections furent faites à cette méthode, notamment par Gautier, qui n'avait pas pu retrouver dans les urines la lithine.

Labatut, en 1893, fit des expériences nouvelles à l'aide de la même substance, qui n'existe pas dans l'organisme et qui fut retrouvée à l'analyse spectrale.

Guilloz a refait ces expériences et a reconnu, lui aussi, l'existence du lithium dans les urines. Cet auteur insiste même sur ce point qu'on peut, en connaissant le voltage, l'ampérage du courant utilisé, la durée de l'application, déterminer la quantité de médicaments électrolysés. Il pense aussi qu'on peut même connaître la profondeur à laquelle le corps pénètre. Dans les cas d'électrolyse du lithium, quelle que soit la petite quantité introduite, les effets sont néanmoins supérieurs à ceux de l'ingestion stomacale.

Si, disent Labatut, Jourdanet et Porte, on administre 50 centigrammes de carbonate de lithine et qu'on suppose, fait peu probable, que la dose est entièrement absorbée, on distribue dans l'organisme 5 centigrammes environ de lithium qui sont introduits d'abord dans le torrent circulatoire, c'est-à-dire un peu dans tous les tissus et aussi peut-être dans l'arti-

culation malade, et ont toutes les chances d'être éliminés dans l'urine.

Si, au contraire, on introduit le médicament dans les cellules



Fig. 9. — Traitement de la goutte par l'ion lithium.
(Application avec un appareil transportable.)

*Electrode positive constituée par un bain de pieds au chlorure de lithine.*

*Electrode négative : plaque hydrophile imbibée d'eau simple ou d'eau salée au dos (ou en tout autre point du corps).*

malades par l'électrolyse, le lithium, avant d'aller se perdre en quelque sorte dans la circulation générale, séjourne longtemps dans la région où il a été introduit, puisqu'on le

retrouve dans les urines seulement vingt-quatre heures après le début du traitement. Il se trouve donc dans les conditions les plus favorables pour agir sur l'acide urique dans les tissus, le dissoudre en partie, enfin l'entraîner avec lui vers le rein. Du reste, la quantité de lithium introduite n'est pas négligeable ; en effet, si l'on traite une main pendant une heure par un courant de 20 milliampères, on introduit 5 milligrammes de lithium (loi de Faraday), soit 10 fois moins que par la bouche ; mais, comme cette substance est distribuée dans un poids de tissus qui est environ le centième du poids du corps, la dose locale est décuple. De plus, un équivalent de lithium déplace un équivalent d'acide urique. Or, on peut très facilement introduire 15 milligrammes qui solubiliseront 350 milligrammes d'acide urique, c'est-à-dire à peu près la quantité qu'un sujet sain élimine en vingt-quatre heures. Ces chiffres-là sont certainement à retenir.

Il est préférable que la solution de lithium soit mise en contact avec la peau sous forme de bain (fig. 9). Le titre de la solution n'a que peu d'importance pratique ; il importe, avant tout, que le bain soit bon conducteur.

La solution de lithium doit être placée au pôle positif.

La formule donnée par Labatut est constituée par 2 p. 100 de chlorure de lithium alcalinisé par 0gr,50 de lithine caustique. Labatut insiste pour que, toutes les fois qu'il est possible de le faire, l'articulation à traiter soit baignée par un bain de lithium, contenu dans les récipients ; aussi, pour les genoux, pour les coudes, a-t-il inventé des appareils spéciaux très ingénieux.

Les auteurs qui ont employé le même traitement se sont montrés moins rigoureux dans le choix des électrodes et utilisent le coton ou le tissu hydrophile. L'intensité employée par Labatut a été d'environ 20 milliampères par décimètre carré de surface d'électrode, intensité avec laquelle le traitement n'est pas douloureux.

Guilloz va jusqu'à 100, 150, 200 milliampères, si possible ; la durée de la séance est d'environ vingt à trente minutes, mais il n'y a pas d'inconvénient à la prolonger d'une heure et à en faire deux par jour.

Le lithium agirait en alcalinisant la jointure et en créant un milieu plus soluble pour l'acide urique, peut-être aussi, dit Guilloz, en déplaçant le sodium de sa combinaison urique pour former un urate de lithium extrêmement soluble qui s'élimine par les urines (1).

Guilloz, qui a toujours combiné l'emploi des courants de

(1) En 1894, Labatut a introduit sous la peau de chaque patte postérieure d'un lapin, en des places bien symétriques, un calcul urique. Le courant a été établi : 10 milliampères avec du lithium

haute fréquence en applications générales avec la galvanisation, a eu des résultats qui ont dépassé toutes ses espérances.

Il a vu des accès traités à la période aiguë avorter rapidement et ne laisser aucun reliquat après leur disparition.

Les empâtements articulaires traînant en longueur se dissipent en général après un nombre de séances variant entre cinq et trente, sauf quand il y a une ostéite ancienne.

Le traitement électrique ne permet donc pas seulement de lutter contre les accès aigus, mais il agit encore en diminuant l'intensité et la durée des accès postérieurs.

Enfin l'état général est modifié.

Ces conclusions sont étayées par 75 observations publiées par A. Guilloz dans sa thèse.

Nous avons eu personnellement l'occasion de soigner quelques goutteux par le procédé de Guilloz.

Dans un cas de crise aiguë, la méthode nous a donné d'excellents résultats. Dès les deux ou trois premières séances, la crise a disparu.

Les mêmes phénomènes s'étant produits à plusieurs reprises au cours de ces trois dernières années, nous ne pouvons pas penser qu'il s'agit d'un cas fortuit de crise de goutte avortée spontanément.

Dans un deuxième cas, nous avons toujours obtenu, après nos séances, une sédation marquée de la douleur, ce qui permettait au malade de passer des nuits bonnes. Le gonflement et l'inflammation ont cédé plus lentement, au bout d'une dizaine de jours. En somme, le résultat le plus palpable est que l'accès de goutte a été atténué très sensiblement au point de vue douleur.

Les cas de goutte chronique (empâtements) que nous avons soignés se sont sensiblement comportés comme ceux de Guilloz.

Jalaguier (d'Evian) a signalé également des résultats homologues.

En regard des observations très démonstratives qui ont été publiées sur les effets de l'électrolyse du lithium, on peut aussi, comme le remarque justement Zimmern, inscrire les résultats obtenus par la galvanisation pure et simple de l'articulation malade.

pendant vingt minutes à cinq reprises différentes. Au bout de dix jours, les calculs étaient réduits de moitié environ.

Le calcul qui était placé au positif a subi une perte d'un quart plus grande que celle de l'autre calcul. On peut objecter qu'un corps inerte, une cheville d'ivoire, par exemple, en fait tout autant.

Un autre calcul placé dans une patte, mais non soumis au courant, a subi une perte insignifiante.

## II. — ARTHRITES RHUMATISMALES

Le professeur Bouchard a montré qu'il était préférable d'injecter des doses, même minimes, de salicylate de soude au voisinage des articulations malades, plutôt que d'introduire le médicament par ingestion stomacale.

Ces tendances nouvelles ont amené le professeur Bergonié et le Dr Roques à essayer l'introduction électrolytique de ce médicament.

Ils ont expérimenté sur une articulation tibio-tarsienne.

Le pied était placé dans un pédiluve qui contenait une solution de salicylate à 3 p. 100; une électrode en charbon plongeant dans la cuve de salicylate était reliée au pôle négatif; l'électrode positive, très large, était appliquée au niveau des premières vertèbres dorsales. L'intensité du courant variait entre 30 et 40 milliampères, la durée du passage était toujours d'une heure; après quoi on lavait le pied à l'eau chaude pour le débarrasser de la solution dans laquelle il avait été baigné.

Après ces applications, on préleva une certaine quantité d'urine, et, à l'aide du perchlorure de fer, on essaya d'y déceler la présence du médicament. Les urines rendues étaient divisées en deux parts et recueillies dans des récipients séparés. Dans le premier, on plaça les urines émises de midi à minuit le jour de la séance qui avait lieu le matin de 10 h. 1/2 à 11 h. 1/2. Le deuxième vase contenait les urines émises de minuit à midi le lendemain de la séance.

Le professeur Denigés effectua la plupart des recherches qualitatives et toutes les recherches quantitatives de l'acide salicylique dans ces urines:

1° Dans les urines émises par le sujet de midi à minuit, on a toujours trouvé des quantités certaines d'acide salicylique.

Ces quantités ont varié, dans les différents dosages, entre 3 et 4 d'acide salicylique par litre d'urine.

2° Par contre, dans l'urine émise de midi à minuit, il a été impossible de doser l'acide salicylique.

Les auteurs concluent de ces expériences que, dans les conditions où ils se sont placés, étant donnée la solution qu'ils ont employée, l'intensité du courant, la durée d'application, l'introduction électrique du salicylate de soude se fait d'une manière suffisante pour permettre d'utiliser couramment ce mode de pénétration en thérapeutique locale.

Pour parer aux objections qu'on aurait pu leur faire, les auteurs ont refait l'expérience en renversant le sens du courant, c'est-à-dire en rendant négative l'électrode du dos, en rendant positive l'électrode venant tremper dans le pédiluve, toutes les autres conditions restant les mêmes.

Avec ce dispositif, il était théoriquement impossible que l'ion salicylique pénétrât dans l'organisme ; l'expérience a



Fig. 10. — Traitement d'une arthrite rhumatismale du poignet par l'ion salicyle. (Application avec un appareil transportable.)

*Electrode négative constituée par des couches de tissu hydrophile enveloppant la région malade et imbibées d'une solution de salicylate.*

*Electrode positive : plaque hydrophile imbibée d'eau simple ou d'eau salée au dos* (*ou en tout autre point*).

confirmé l'hypothèse, et jamais les auteurs n'ont pu déceler dans l'urine aucune trace d'acide salicylique par la réaction, pourtant si sensible, du perchlorure de fer.

Se basant sur l'expérimentation mentionnée plus haut, le professeur Bergonié et Roques ont soumis à l'électrolyse salicylée un certain nombre de malades atteints d'arthrites (fig. 10).

La solution utilisée était constituée par de l'eau distillée chaude contenant 3 p. 100 de salicylate de soude. L'application était différente suivant que l'arthrite siégeait aux extrémités ou à une autre région de l'organisme. Lorsque le poignet, la main, le cou-de-pied ou le pied étaient malades, ils étaient placés dans un maniluve ou un pédiluve dans lequel on mettait la solution. Une électrode, reliée au pôle négatif placé à une certaine distance de la partie malade, était immergée dans le bain. Une grande électrode était placée aux lombes ou au dos. Quand le rhumatisme s'était localisé à la colonne vertébrale, à l'épaule, aux genoux, etc., partout enfin où l'utilisation d'un bain n'était pas possible, on appliquait directement sur l'articulation douloureuse une épaisse couche de tissu hydrophile imbibée complètement de la solution de salicylate. L'autre pôle était placé dans une région quelconque, et situé de manière que l'organe fût traversé autant que possible par les lignes de flux. L'intensité a varié suivant la réaction des sujets, la grandeur des électrodes, l'étendue de la région ; elle a été portée tantôt seulement à 15 milliampères, tantôt aussi à 40 et 50 avec une durée de quarante-cinq à soixante minutes. Les auteurs considèrent qu'on peut ioniser ainsi des proportions suffisantes d'acide salicylique. Le nombre des séances, rarement quotidiennes, était le plus souvent de trois par semaine, et dans certains cas même, suivant la marche de l'affection, elles étaient plus éloignées.

Pendant toute la durée du traitement, on a rigoureusement veillé à ce que les malades soient soustraits à toute introduction salicylique dans leur organisme, autre que celle qui était effectuée à l'aide du courant électrique.

Le travail de Bergonié et Roques comporte sept observations publiées avec tout le détail désirable.

Un malade de trente-trois ans, garçon de restaurant, a une blennorragie qui détermine des arthrites des pieds, des genoux, des hanches, de la colonne cervicale, de l'articulation temporo-maxillaire. Après trois mois de lit et six mois de convalescence, il peut reprendre son travail.

En 1902, les mêmes manifestations se reproduisent au mois d'août et, lorsqu'on commence à l'électriser en février 1903, les douleurs sont si aiguës, l'impotence est telle que le patient est porté sur un brancard. Toutes les articulations sont raides et empâtées, les cous-de-pied surtout sont enflés, les mouvements sont limités, la station debout n'est pas supportée, la marche est impossible.

On commence à soigner le pied et le cou-de-pied droit. Le

20 février, la marche avec une canne est possible, alors qu'au début du traitement le patient souffrait tellement qu'il supportait difficilement la pression des chaussures et les couvertures du lit sur le pied. Il peut faire sans douleur de nombreux et amples mouvements de flexion et d'extension. L'amélioration ne s'est manifestée que sur cette articulation, la seule qui a été soumise à l'électrolyse; les autres n'ont fait aucun progrès.

Une autre malade, âgée de quarante-trois ans, était atteinte de douleurs rhumatismales se produisant par crises généralisées à toutes les articulations et laissant entre elles deux ou trois mois de rémission. La main droite et le poignet droit sont raides, les mouvements pénibles et limités. On prescrit l'électrisation simple du poignet gauche, l'électrolyse du poignet droit.

Le poignet droit ne tarde pas à diminuer de volume, les mouvements d'extension et de flexion sont satisfaisants, les autres mouvements commencent à être possibles. Cette main peut être utilisée pour la besogne quotidienne. La main gauche ne s'améliore pas, alors qu'au mois d'avril l'amélioration est telle du côté droit qu'on suspend tout traitement.

Un autre malade, âgé de cinquante ans, est atteint d'une arthrite de la hanche gauche qui est très améliorée après six séances.

Il semble démontré par les observations antérieures que non seulement l'ion salicylique pénètre dans les tissus, mais encore qu'il y exerce un effet favorable indéniable.

Les résultats ont été assez rapidement obtenus, quoique plusieurs patients aient été profondément atteints, l'un par un rhumatisme blennorragique, d'autres par un rhumatisme infectieux : les auteurs n'hésitent pas à assurer que l'électrolyse est bien supérieure à l'électrisation simple.

Bordet et, plus récemment, son élève Quilichini ont apporté d'autres observations de rhumatismes guéris par l'ionisation salicylée.

Une de leurs malades, âgée de cinquante-deux ans, atteinte d'une violente crise de rhumatisme qui l'avait mise dans une impotence fonctionnelle absolue, avait été soumise au salicylate de soude par la voie digestive. Ce traitement avait produit une sédation des douleurs, en particulier au niveau des mains et des poignets. Les genoux demeurèrent très douloureux, même après la disparition de l'état aigu; ils étaient tellement tuméfiés et déformés que la patiente ne pouvait faire aucun mouvement; on soumit alors les articulations à l'ionisation salicylée. Chaque séance durait une demi-heure environ, trois fois par semaine. Les premières séances n'amenèrent pas de grandes modifications, mais, vers la sixième, les douleurs s'atténuèrent, le gonflement diminua, les mouvements de flexion et d'extension revinrent progressi-

vement; à la dixième séance, la malade marchait avec des béquilles; cinq semaines après, elle ne ressentait plus rien du côté des deux genoux.

Le traitement des arthrites rhumatismales est d'autant plus satisfaisant qu'il a été institué à une période plus rapprochée du début de l'affection, ainsi que le montre le cas suivant qui a trait à un malade qui, après une vive courbature générale, localisa une arthrite au niveau de son poignet droit et de son cou-de-pied gauche. Tous les mouvements étaient très douloureux et impossibles. Dès la troisième séance, une amélioration considérable se produisit, les douleurs s'atténuèrent et permirent au malade de poser le pied sur le sol. Le gonflement diminua ; les mouvements, sans avoir l'amplitude normale, furent possibles; au bout de huit séances, il put marcher sans béquilles et se servir de sa main droite.

Bordet a encore réussi à guérir un rhumatisme articulaire et musculaire aigu en sept séances. Ce rhumatisme était localisé à l'articulation de l'épaule gauche, l'articulation sterno-claviculaire et du poignet gauche; l'amélioration, légère dès la première séance, fut très marquée à la troisième. Le malade guérit à la neuvième, il s'y maintient depuis huit mois.

Une arthrite rhumatismale du torse avec synovite tendineuse des gaines des extenseurs et du tibia antérieur fut guérie en dix séances; il n'y a pas eu de récidive depuis un an.

On peut voir, d'après les observations précédentes, que l'ionisation salicylée donne de bons résultats dans les affections articulaires ou péri-articulaires d'origine rhumatismale ; mais ce n'est que lorsque la fièvre a disparu, que lorsque l'attaque aiguë de rhumatisme a tendance à s'attarder sur une ou plusieurs articulations, que l'ionisation devient un moyen efficace de lutte contre la douleur et le passage à la chronicité; mais il est nécessaire d'intervenir, pour ne pas perdre de temps, dès que la période inflammatoire du début est passée.

Ce qui frappe surtout, c'est l'atténuation et la disparition assez rapide des phénomènes douloureux. Labatut, Guilloz, Chauvet, Leuillieux (de Conlie) ont également enregistré des succès encourageants. Dans ces derniers temps, enfin, différentes publications confirmatives ont été effectuées sur le même sujet.

Nous avons eu l'occasion, à plusieurs reprises, de soigner des poussées articulaires subaiguës ou aiguës, inflammatoires au cours de rhumatisme chronique (poignet, épaule). Tantôt nous avons utilisé de l'eau commune, tantôt le salicylate de soude, mais toujours une intensité élevée et un temps long. Il ne nous a pas paru y avoir une très grande différence entre les deux manières de procéder.

Nous avons encore soigné des arthrites blennorragiques à la période aiguë inflammatoire et fébrile, et spécialement la

forme ankylosante Duplay-Brun, uniquement avec la galvanisation à haute intensité seule, en séances de trois quarts d'heure à une heure ; elle nous a donné d'excellents résultats.

## III. — ANKYLOSES

A la suite des arthrites ou des immobilisations chirurgicales, il se produit souvent des raideurs articulaires qui peuvent être plus ou moins accusées et peuvent même constituer des ankyloses complètes.

Walker Gwyer (de New-York) et Leduc (de Nantes) ont publié des résultats très encourageants et même parfois des guérisons surprenantes obtenues à l'aide de l'électrolyse. Ils se sont servis soit de chlorhydrate d'ammoniaque, soit de chlorure de sodium. Leduc, particulièrement enthousiaste pour cette méthode qu'il a préconisée depuis plus de quinze ans, dit que, de jour en jour, on voit les articulations retrouver toute leur mobilité, et que l'action résolutive de l'électrolyse est régulière et sûre, aucun des moyens employés en médecine ne pouvant lui être comparé sous le rapport de l'efficacité, de la perfection des résultats, et de l'absence de la douleur. Il cite le cas d'un homme de vingt ans qui, en arrivant au régiment, est pris d'un phlegmon de la main droite pour lequel on l'opère ; il se forme des tissus cicatriciels, l'index et le médius sont presque complètement immobilisés. Pendant neuf mois, on essaye l'iodure, la faradisation, le massage, les mouvements forcés à l'état de veille et sous le chloroforme : l'échec est complet et le jeune homme est réformé. On fait alors de l'électrolyse au chlorure de sodium avec une intensité de 15 à 20 milliampères pendant un quart d'heure. Après la séance, la mobilité est un peu plus grande ; après deux autres séances faites à trois jours d'intervalle, la mobilité est si parfaite, le rétablissement des fonctions de la main si complet que le patient juge inutile de continuer le traitement.

Un cas d'arthrite fongueuse du poignet droit est soigné depuis dix-huit mois par des injections d'éther iodoformé. Les poignets et les doigts, maintenus par des tissus cicatriciels et durs, sont complètement immobilisés ; le massage n'a produit aucune amélioration. Un mois de traitement à l'intensité de 20 milliampères et en huit séances ramène une mobilité parfaite.

Un jeune homme, opéré par Heurteaux à un doigt, conservait une ankylose complète ; après trois séances d'électrisation d'un quart d'heure, la guérison fut obtenue.

Une maîtresse de piano s'était, avec du pétrole enflammé, brûlé la main droite et le bras droit jusqu'au coude ; les cicatrices, très étendues, lui rendaient impossible l'exercice de sa profession, et depuis un an elle n'avait fait aucun progrès.

Huit séances de courant continu assouplirent suffisamment les cicatrices pour permettre à cette jeune femme de reprendre son enseignement avec la même perfection que par le passé.

Une dame, à la suite de poussées multiples de phlébite, fut maintenue dans une immobilité complète dans laquelle les membres s'ankylosèrent; elle était ainsi depuis neuf mois, quand on la soumit à l'électricité. Les quatre membres étaient le siège d'un œdème très marqué. Toutes les articulations, y compris celles des doigts, étaient ankylosées, et les moindres tentatives pour les mobiliser étaient douloureuses. On procéda à l'électrisation méthodique de toutes les articulations, en faisant passer un courant aussi intense que la malade pouvait le supporter. Après une semaine, la patiente pouvait déjà porter ses aliments à la bouche. Après deux mois de traitement, l'œdème avait entièrement disparu, les articulations avaient recouvré toute leur mobilité et la malade était revenue à une santé aussi parfaite qu'avant son accouchement.

Il est nécessaire, dit Leduc, d'attendre, pour instituer ce traitement, que la cause morbide ait cessé d'agir, car les tissus infectés, les arthrites en évolution tolèrent mal les courants appliqués de la sorte.

Les résultats sont d'autant plus favorables que le traitement aura été commencé à un moment plus rapproché de la maladie cause de l'ankylose ou des raideurs.

Dans les cas récents de raideurs consécutives à l'immobilisation prolongée, il suffit souvent d'un petit nombre d'applications pour reconquérir l'amplitude des mouvements dans les ankyloses profondes qui, comme celles de la hanche ou de l'épaule, se constituent si rapidement.

Le manuel opératoire consiste à placer sur la région malade une électrode négative imbibée de chlorure de sodium, l'autre électrode indifférente mise non loin de l'articulation. L'intensité sera de 40 à 50 milliampères, la durée de trente minutes à une heure, trois fois par semaine.

Dans un article récent, Desfosses et Martinet ont encore insisté sur les bons effets de la thérapeutique électro-ionique dans les ankyloses. Ces auteurs ont utilisé une solution à 1 p. 100 de chlorure de sodium placée au pôle négatif, et une solution de salicylate de soude avec les dispositifs et l'intensité de courant habituels. Ils ont personnellement traité avec un plein succès des cas d'*ankylose traumatique* de sièges variés et plus ou moins anciens. Un cas remarquable a trait à une ankylose de la hanche consécutive à une fracture du col du fémur qui, massée pendant deux ans, n'avait pas bougé. Après six séances, le tissu fibreux fut « volatilisé » : la malade pouvait marcher sans canne. Desfosses et Martinet possèdent plusieurs observations du même genre ; ils

ont également obtenu des résultats brillants pour la résolution des *cicatrices de brûlures*.

Les *ankyloses d'origine rhumatismale* ont paru plus rebelles, mais toujours le traitement a été utile, et d'autant plus que le processus rhumatismal a été plus éteint, ou que l'ankylose n'était pas trop ancienne. Le moment le plus favorable est celui où, la crise rhumatismale étant éteinte, l'ankylose est en voie de constitution ; mais, même dans des cas en apparence désespérés, on obtient des résultats.

Il semble que, au point de vue de la facilité et de la rapidité de la résolution, les ankyloses peuvent être classées de la manière suivante :

Ankyloses post-traumatiques ;
Ankyloses post-infectieuses ;
Ankyloses post-rhumatismales.

Les auteurs pensent que le passage du courant agit en provoquant hors de l'organisme l'exode de métaux alcalino-terreux facteurs de sclérose.

## IV. — SYSTÈME NERVEUX

Le cerveau, quoique défendu par la boîte cranienne, est parfaitement accessible aux courants électriques. La résistance de la masse cérébrale est même moindre que celle des os ; aussi le courant se concentre-t-il tout entier sur elle, puisque sa conductibilité est beaucoup plus grande. Le danger est le vertige et la syncope. Le vertige se produit surtout au moment des variations de courant ; aussi, pour l'éviter, faut-il appliquer le courant avec des instruments de précision permettant de le débiter sans heurt et sans secousse (réducteur de potentiel, rhéostat).

Il importe en outre de donner au courant une direction antéro-postérieure et d'éviter les applications latérales. En pratique, on peut appliquer, d'après Leduc, sur le front 16 épaisseurs du tissu de coton hydrophile imprégné de la solution électrolytique. L'autre électrode est placée d'une façon symétrique sur la nuque ou sur le dos. L'élévation de l'intensité du courant doit s'effectuer peu à peu, très lentement ; jamais on ne doit se permettre d'élever trop vite l'intensité. Pour plus de précaution, le sujet doit être étendu sur un divan. Leduc a observé de bons effets de cette électrolyse avec un courant d'une intensité de 10 à 20 milliampères dirigé de la nuque au front. Il dit qu'on éprouve une sensation de légèreté, la tête est plus libre, l'idéation est plus facile et plus rapide.

Althaus est très enthousiaste de la galvanisation cérébrale ; il en est de même de Lewis-Jones. Leduc conclut de ces faits à l'utilité de l'électrolyse cérébrale dans le traitement de la *neurasthénie*. Il pense que des courants de moyenne intensité,

de 15 à 20 milliampères, en séances espacées, trois fois par semaine, d'une demi-heure de durée, avec une solution de salicylate de soude placée au négatif sur le front, donnent des améliorations rapides et plus accusées.

On a depuis longtemps employé le courant continu pour traiter les *névralgies*. D'habitude, les électrodes utilisées ont été constituées soit par de l'eau simple, soit encore par une solution de chlorure de sodium laissant introduire l'ion sodium sous l'anode et l'ion chlore sous la cathode. Leduc a pensé qu'il était peut-être préférable de combattre le symptôme douleur, surtout lorsque son siège est superficiel, par l'introduction électrolytique de l'ion salicylique.

Cet auteur a pu, de cette façon, obtenir des résultats satisfaisants dans le traitement des névralgies, et il déclare que cette action analgésique est si nette que seule la morphine en injection sous-cutanée peut rivaliser avec elle, mais avec cet avantage qu'il n'y a pas de danger d'intoxication. Des nombreux cas qu'il a traités par cette méthode, Leduc extrait l'observation suivante. Un malade, en juillet 1903, a eu un zona ophtalmique qui, à un moment, a compromis l'existence de l'œil. En avril 1904, il existe encore des douleurs incessantes avec accès névralgiques atroces qui débutent de 5 à 7 heures du soir, nécessitant une injection de 1 centigramme de chlorhydrate de morphine; plusieurs cuillerées de sirop de chloral, la quinine, l'antipyrine, l'aspirine, l'exalgine, le salicylate de soude, le salophène, le pyramidon, la belladone ont été utilisés à l'intérieur. On a fait des applications de topiques et de pommades au salicylate de méthyle, au chloroforme, à la cocaïne, sans effet. Des séances de courant continu, l'effluvation de haute fréquence n'ont pas donné de meilleurs résultats. On tenta, le 7 mai 1904, l'introduction électrolytique d'une solution à 2 p. 100 de salicylate de soude placée au pôle négatif avec une intensité de 20 milliampères pendant une demi-heure.

Après cette séance, le malade n'a pas eu besoin de morphine la nuit qui a suivi, ni la journée du lendemain : il y a eu recours seulement le surlendemain. Chaque séance d'électricité lui a procuré une analgésie plus parfaite, plus prolongée, et l'analgésie qui suit chaque séance a été de trente-six heures environ. Le malade fut obligé de s'éloigner et continua lui-même son traitement. Il est remarquable que, pendant toute la période où il fut observé par Leduc, il fut modifié d'une façon indubitable par l'action salicylique.

Par le même procédé, Leduc a guéri un *tic douloureux de la face* caractérisé par des crises se reproduisant plusieurs fois à la minute, exaspéré par le moindre mouvement, troublant le sommeil et l'alimentation. L'auteur pratiqua l'ionisation salicylée avec l'intensité de 45 milliampères pendant quarante minutes. Au bout de trois séances, le malade fut

guéri, et depuis il a pu s'alimenter et dormir, il a pris un



Fig. 11. — Traitement de la névralgie de la face par l'ion quinine. (Application avec une installation fixe.)

*Electrode positive constituée par du tissu hydrophile imbibé d'une solution d'un sel de quinine et appliqué par une plaque de forme spéciale, de façon à bien épouser la forme de la face. (L'œil et la muqueuse labiale sont protégés par des morceaux de taffetas gommé.)*

*Electrode négative: plaque de coton hydrophile imbibée d'eau simple ou d'eau salée au dos (ou en tout autre point).*

embonpoint et une vigueur qu'il n'avait jamais connus.

Des résultats identiques ont été obtenus avec l'ion quinine

dans les mêmes affections et dans d'autres variétés de névralgies (fig. 11).

## V. — AFFECTIONS CUTANÉES

Il y a longtemps déjà, différents auteurs, en particulier Gautier, ont essayé l'électrolyse de l'iodure de potassium dans les affections cutanées diverses, notamment dans les *plaies des jambes*, indépendantes ou consécutives à des varices. Gautier, dans tous ces cas, a obtenu une restauration rapide de la plaie.

Les solutions de sels de zinc en lavages ou en pansements constituent de bons désinfectants, mais, en raison de leur action coagulante sur les tissus, elles ne pénètrent pas profondément ; par contre, grâce aux courants, on peut introduire dans la profondeur l'ion zinc.

Leduc insiste sur la faculté, que seule donne l'électrolyse, de faire pénétrer dans des tissus infectés toutes les substances désinfectantes ou caustiques.

L'ion zinc ne diffusant pas, cette manière de faire est absolument inoffensive. Par ce procédé, l'auteur a traité avec succès un grand nombre d'ulcères chroniques, d'abcès, de fistules. Il est nécessaire, dans tous les cas, d'avoir de bons contacts, c'est-à-dire que la solution soit en contact avec toute la surface de l'ulcère ou de l'abcès. S'il s'agit, par exemple, d'une ulcération largement ouverte, il est suffisant de placer une large épaisseur de tissu hydrophile imbibé par une solution au centième, qu'on relie au pôle positif. Si la plaie est anfractueuse, s'il y a un trajet, comme il est indispensable que le chlorure de zinc soit en contact partout avec les tissus, il est bon soit de faire une injection de chlorure de zinc, soit d'entourer une tige de zinc de coton. Le pôle négatif se trouve toujours placé dans une région indifférente. Les séances doivent être très longues, une heure environ, pour permettre à l'ion zinc de pénétrer convenablement et de dépasser la région malade. Quand on suppose que ce résultat est atteint, il faut s'abstenir de recommencer pendant plusieurs semaines.

On a également utilisé le chlorure de zinc introduit électrolytiquement pour le traitement des petits néoplasmes de la peau ; l'anode, constituée par une couche épaisse de tissu hydrophile imprégné d'une solution au centième, est appliquée sur la région où l'on désire intervenir.

Afin de bien limiter l'action du chlorure de zinc, il est bon de placer une feuille de caoutchouc dans laquelle on aura eu soin de découper un orifice correspondant à la surface de la néoplasie.

Ensuite, on fait passer pendant vingt, trente minutes, un courant de 10, 15 milliampères, suivant les cas. Après la séance, on voit une modification de la région caractérisée par

des zones d'anémie, signe de la pénétration de l'ion zinc dans la peau. Les jours suivants, les cercles anémiés se dessèchent, se desquament.

Ce procédé a donné entre les mains de divers auteurs d'excellents résultats.

Leduc, à l'aide de l'électrolyse légère de chlorure de zinc, est parvenu, sur un lapin, à activer d'une façon manifeste la *repousse des poils*.

Lewis Jones et Flavelle ont eu l'occasion récemment, à l'hôpital Saint-Barthélemy de Londres, de traiter des *verrues* par l'introduction électrolytique de l'ion magnésium. Ils apportent un certain nombre de cas à l'appui de leur exposé, desquels il résulte que ce traitement est vraiment un traitement spécifique, surtout pour les verrues multiples.

Une dame de trente-six ans fut soignée pour de nombreuses verrues qui couvraient le dos de la main droite. On appliqua une solution de sulfate de magnésie à environ 3 p. 100; l'électrode positive fut mise en contact avec la région à traiter. On donna une intensité de 5 milliampères pendant quinze minutes; puis, après une semaine, un courant de 8 milliampères pendant quinze minutes. Quinze jours après, les verrues avaient disparu.

Une autre personne de douze ans avait aussi beaucoup de verrues sur le dos de la main droite, les doigts, le poignet; la solution de sulfate de magnésie fut appliquée avec le pôle positif en septembre 1905. Certaines parties furent intentionnellement exclues du traitement.

Le 17 novembre, les verrues non traitées avaient à peine changé d'aspect, les verrues traitées avaient complètement disparu.

Un jeune homme de quatorze ans avait de nombreuses verrues sur la main gauche. En septembre 1906, on la plongea dans une solution de sulfate de magnésie reliée au positif.

Le 1er octobre, nouvelle séance identique, aucun résultat.

On se décida alors à soigner isolément deux verrues, l'une avec du sulfate de magnésie, l'autre avec du sulfate de zinc, avec une intensité de 2 milliampères pendant quinze minutes. Deux jours après l'application, la verrue traitée par l'ion magnésium avait disparu; celle qui avait été soumise à l'ion zinc n'avait pas changé; elle ne disparut à son tour qu'après un traitement à l'ion magnésium.

Toutes les autres verrues traitées par ce procédé disparurent rapidement. L'ion magnésium se montra inefficace chez un autre sujet pour une verrue dure et cornée.

## VI. — APPAREIL PLEUROPULMONAIRE

Leduc, pensant que les théories musculaire et osseuse

sont insuffisantes pour expliquer la scoliose, estime que la véritable cause de cette affection est la symphyse pleurale. Cet auteur insiste sur ce fait qu'il existe toujours chez les scoliotiques une atrophie marquée du thorax du côté de la concavité qui peut se traduire, par rapport au côté sain, par une différence de 7 à 8 centimètres. Il attache une importance à la diminution d'amplitude des mouvements respiratoires du côté concave. Il remarque que les masses musculaires du même côté laissent reconnaître un certain degré d'atrophie. Le plus souvent une opacité de la base perceptible aux rayons X indique l'existence de l'épaississement pleural. La recherche sur les antécédents personnels révèle sûrement l'existence d'une pleurésie ou d'une affection des bronches prolongée avec toux persistante. De cet ensemble de constatations, Leduc estime que le côté concave, par suite d'un retard de croissance, s'atrophie ultérieurement, mais lentement, parce que les mouvements respiratoires sont plus limités et moins amples que du côté sain. Partant de ces prémisses, l'auteur conclut que le seul traitement efficace de la scoliose réside dans la sclérolyse électrolytique, procédé facilement réalisable, puisque la plèvre n'est séparée de la peau que par une couche mince de tissus. Pour appliquer le traitement, on fait tremper les pieds dans un bain d'eau salée qui sert de pôle positif. Le pôle négatif, constitué par une grande compresse de coton hydrophile imprégnée d'eau salée à 2 ou 3 p. 100, est appliqué sur le thorax. Le courant est amené progressivement et lentement à une intensité voisine de 100 milliampères ; on le laisse passer pendant une heure environ.

L'ordonnance des séances se répartit de la manière suivante. Pendant le premier mois, deux séances par semaine ; pendant le second mois, une ; pendant le troisième et les mois suivants, deux séances par mois.

D'après Leduc, on voit l'amplitude des mouvements respiratoires augmenter progressivement. L'obscurité radioscopique diminue et, si le traitement est institué assez tôt, on peut éviter la scoliose et le port des corsets orthopédiques.

Le même traitement donne d'excellents résultats dans les *affections pleurales*, les *pleurites douloureuses*, la *pleurésie sèche avec frottement*.

## VII. — NEZ, ŒIL, OREILLE, DENTS

*Nez.* — Le Dr Schall a pratiqué dans le traitement de l'ozène l'électrolyse cuprique par un procédé très ingénieux.

*Œil.* — Leduc a soigné un certain nombre de cas anciens de *sclérites* et d'*épisclérites* rhumatismales qui avaient été traitées depuis plus ou moins longtemps sans résultats à l'aide de préparations salicylées et d'iodure de potassium. L'auteur insiste

tout particulièrement sur les excellents résultats qu'il dit avoir obtenus sans avoir jamais eu à enregistrer aucun échec, pas plus du reste que dans les *cas d'iritis chronique* avec adhérences. Le traitement est pratiqué de la manière suivante : le pôle positif est appliqué à un endroit quelconque du corps et y est maintenu solidement fixé ; le pôle négatif est constitué par un tampon matelassé par plusieurs épaisseurs de coton hydrophile imprégné d'une solution de chlorure de sodium. L'application est maintenue pendant un quart d'heure sur la paupière fermée. Le courant est élevé progressivement à une intensité qui dépasse rarement 5 à 6 milliampères ; le nombre des séances est de deux ou trois par semaine. L'auteur a vu la douleur disparaître très rapidement, les bourgeons saillants de vascularisation de la sclérotique s'atténuer très vite, et il insiste sur la guérison rapidement obtenue et maintenue d'une manière complète.

Les mêmes résultats sont observés dans les cas d'*iritis chronique avec adhérences.*

***Oreille.*** — Malherbe a étudié l'action de quelques modes d'ionisation dans les affections chroniques de l'oreille.

L'action sclérolytique de certains ions : ion chlore, ion iode, ion pilocarpine dans des solutions de 3 à 5 p. 100 lui a paru pouvoir être utilisée avec avantage pour le traitement des *scléroses* de l'oreille.

L'action locale des ions chlore, iode et pilocarpine est, pour cet auteur, des plus intéressante. Elle se traduit par la résolution des formations scléreuses et cicatricielles sous des cathodes formées par une solution de chlorure de sodium ou d'iodure de potassium, ou bien sous des anodes constituées par une solution de nitrate de pilocarpine (1).

Quelques cas de *catarrhe purulent de la caisse* ont ainsi été soignés par l'introduction de l'ion zinc.

La communication de H. Bourgeois à la Société française de laryngologie (mai 1907) nous a paru plus sérieusement étudiée et discutée. Cet auteur a essayé l'action sclérolytique du chlorure de sodium dans le traitement des *otites sèches* ; la technique employée : le pôle actif sur le tympan, le pôle indifférent sur la surface externe de l'organisme, ne peut avoir d'inconvénient. L'intensité du courant employé était de 1 à 1 1/2 milliampère. Les résultats ont été nuls dans l'otosclérose pure (ankylose de l'étrier) ; ils ont été meilleurs dans l'otite adhésive d'origine naso-pharyngée et surtout dans les otites

(1) Nous devons dire, d'ailleurs, que la technique employée par l'auteur ne nous paraît pas capable de faire pénétrer une quantité de substance appréciable jusqu'à la chaîne des osselets, et que des réserves importantes nous semblent devoir être faites sur le mécanisme des actions qu'il croit obtenir.

cicatricielles (séquelles d'anciennes suppurations). L'amélioration a porté sur l'audition et surtout sur les bourdonnements qui, dans certains cas, ont complètement disparu. Bourgeois considère ces résultats comme encourageants, mais comme encore trop récents et trop peu nombreux pour permettre une conclusion définitive.

***Odontologie.*** — Pont (1) pense que l'électrolyse peut être utile en art dentaire. L'introduction de la cocaïne est bonne dans l'hyperesthésie de la dentine, et permet d'extirper la pulpe sans la dévitaliser et en une seule séance.

L'électrolyse iodurée peut rendre de grands services dans le traitement de la *carie du quatrième degré*, et pour le traitement des *kystes radiculo-dentaires*.

## VIII. — GOITRE

Les théories qui ont été émises sur la pathogénie possible du goitre simple ont amené certains auteurs à tenter l'introduction électrolytique de l'iodure de potassium.

Mac Gwyer, en 1893, essaya cette méthode de traitement dans une vingtaine de cas et s'en déclara fort satisfait.

Romano pratiqua le même traitement avec des résultats identiques.

L'application consiste à placer sur le goitre une électrode dûment recouverte d'une épaisse couche d'ouate imbibée d'une solution d'iodure de potassium qui est maintenue fixée fortement autour du cou par des liens et reliée au pôle positif.

Le pôle négatif est placé dans le dos; l'intensité du courant est de 20 à 30 milliampères, la durée de vingt à vingt-cinq minutes environ, trois séances par semaine. Gwyer et Romano ont retrouvé l'iode dans les urines.

Il serait intéressant d'essayer le même traitement pour le *goitre exophtalmique*.

(1) PONT, Thèse de Lyon, 1899.

## VII. — EXAMEN CRITIQUE DE L'IONOTHÉRAPIE ÉLECTRIQUE

Le professeur Bouchard, au Congrès du Caire, a insisté sur la nécessité de substituer, toutes les fois que cela est possible, la médication locale à la médication générale, afin de ne pas imprégner l'organisme tout entier d'une substance étrangère destinée à influencer le seul point malade.

La méthode d'introduction électrolytique semblerait *a priori* le procédé de choix pour répondre à ces desiderata, puisqu'elle permet de faire passer un médicament à travers la peau sans effraction de celle-ci et de le localiser en un point donné. Aussi on comprend les enthousiasmes qu'elle a provoqués à partir du moment où on a été convaincu que cette pénétration était indéniable.

Seulement, il importe de se poser deux questions pour apprécier les faits avec exactitude : d'abord, l'ionothérapie électrique est-elle capable, dans tous les cas, de porter la substance médicamenteuse au point désiré? Ensuite, ce transport médicamenteux donne-t-il des résultats très marqués, ou les effets observés ne se rapprochent-ils pas sensiblement, dans un certain nombre de cas, de ce qu'on est habitué à constater avec l'emploi du courant continu aux mêmes doses, mais sans adjonction de médicaments? Sans avoir la prétention de résoudre complètement le problème, nous allons passer en revue, d'abord quelques considérations physiques, ensuite quelques considérations cliniques.

### I. — RÉFLEXIONS D'ORDRE PHYSIQUE

***Poids de substance introduite.*** — On a vu qu'il était peut-être difficile d'apprécier exactement le poids de substance introduite, mais il est bon de remarquer que nous ignorons totalement la quantité de médicament qui est suffisante pour agir localement ; par exemple, nous savons que quelques grammes de salicylate ingérés par la bouche ont une action sur une poussée rhumatismale, mais nous ignorons absolument quelle est la quantité de ce salicylate qui est utile au niveau de telle articulation ; il serait donc difficile de dire si l'électrolyse est capable d'introduire une quantité de médicament suffisante ou insuffisante pour agir localement ; mais il semble bien que, puisqu'avec les ions très diffusibles on

peut faire pénétrer des quantités suffisantes pour donner des phénomènes généraux, il est légitime d'admettre que les ions peu diffusibles peuvent être introduits en quantité suffisante pour agir sur une région limitée.

Mais il faut insister sur ce point, c'est que, même en dehors de toute question de pouvoir de pénétration (ce que nous allons étudier plus loin), un organe recevra d'autant moins de la substance introduite qu'il sera situé plus profondément.

D'abord, pour une même intensité, une même durée et un même médicament, la quantité d'ions médicamenteux répandus dans la couche de tissus séparant le point malade de l'électrode sera d'autant plus importante que cette couche sera plus épaisse.

Ensuite les effets du courant se diffusent, s'étalent dans toute la largeur de l'organisme; aussi, un organe un peu profondément situé n'est plus traversé, par centimètre carré de surface de section, que par une intensité — c'est-à-dire par un mouvement d'ions — de beaucoup plus faible que celle qui passe par centimètre carré au niveau de l'électrode et de la peau.

***Profondeur de pénétration.*** — Les ions, nous l'avons vu, ont une vitesse assez faible; pour les faire pénétrer très profondément, il serait nécessaire de faire des séances très longues et très intenses (plusieurs heures, par exemple); or, le courant électrique, ne passant que grâce à des phénomènes électrolytiques, finit toujours par désorganiser chimiquement la peau d'une façon plus ou moins marquée; on est donc toujours forcé de limiter l'intensité et la durée et, par cela même, de limiter la profondeur de pénétration.

Comme, d'autre part, ainsi qu'il a été dit déjà (Voy. *Vitesse des ions*), la principale chute du voltage se fait au niveau des couches superficielles de la peau qui présente la plus grande résistance, les ions cheminent encore moins vite quand ils ont dépassé l'épiderme. Il paraît donc admissible que, dans l'organisme, les ions n'aillent pas, sous l'influence des applications compatibles avec l'intégrité de l'épiderme, au delà au plus de quelques centimètres. Et, en fait, les recherches expérimentales (Voy. *Expériences de Labatut, de Tuffier et Mauté*, etc.) montrent bien que les substances introduites ne se retrouvent pas si on les cherche trop loin de l'électrode.

Rôle du réseau vasculaire. — Certains ions manifestent très rapidement leur action sur l'organisme tout entier : quand un lapin est pris de convulsions strychniques au bout de quelques instants du passage du courant, ce n'est évidemment pas parce que le courant a porté lui-même le toxique sur les centres nerveux, mais bien parce que, une fois la peau franchie, celui-ci a été emporté par le courant circulatoire. Ces ions

très diffusibles ne peuvent donc aller profondément par action électrolytique. Leur diffusion rapide est le fait de la circulation.

Mais Leduc admet que d'autres ions moins diffusibles paraissent se localiser dans le protoplasma cellulaire. Or, ces ions, qui sont fixés dans les cellules, ne peuvent aller bien loin ou, si quelques-uns d'entre eux continuent à progresser de cellules en cellules, ils doivent rencontrer des capillaires et être entraînés par la circulation. Ils ne pourront donc, eux non plus, atteindre directement un organe un peu profondément situé (Voy. l'*expérience de Chatzky* qui montre que l'ion iode obligé de traverser un courant d'eau n'atteint pas le pôle positif).

Rôle des glandes de la peau. — Certains ions ne sont pas du tout diffusibles et se déposent dans les glandes de la peau où ils forment des masses visibles, s'ils présentent une coloration. Ceux-ci, évidemment, pénètrent encore moins loin que les autres.

En somme, il résulte des données théoriques, comme des résultats expérimentaux, qu'un organe sera d'autant plus facilement atteint par un médicament introduit électrolytiquement, et par des quantités appréciables de ce médicament, qu'il sera plus superficiel.

***Comment peut-on expliquer les résultats cliniques?*** — Dans les affections tout à fait superficielles : névralgie de la face, épithélioma de la peau, tophus goutteux sous-cutané, les médicaments pénètrent sous l'influence directe du courant, suffisamment pour atteindre l'organe malade, et, à ce titre, nous pensons que l'usage de l'ionothérapie électrique sera particulièrement utile en dermatologie, parce qu'elle permettra de ne pas limiter l'application médicamenteuse à la surface, comme le font les pommades diverses, mais bien d'imprégner toute l'épaisseur du derme de la substance utile.

Mais faut-il conclure des données physiques que l'introduction électrolytique doive être réservée uniquement aux cas où les lésions siègent peu profondément?

Si on utilise des substances qui précipitent dès qu'elles atteignent la peau, il est certain qu'elles ne peuvent pénétrer bien loin.

Mais, pour d'assez nombreuses substances, la clinique semble montrer que leur adjonction à la simple application électrique donne des résultats plus complets ; il y a donc lieu de rechercher une explication indépendante du transport direct électrolytique jusqu'en des points où il semble incapable d'atteindre.

Il y a lieu de tenir compte des phénomènes d'osmose, du transport par les voies sanguines et lymphatiques, qui peuvent, soit immédiatement durant la séance, soit consécutivement, mener le médicament jusqu'au point malade.

En particulier, il est démontré que, pour certains corps, l'élimination par les urines commence, si l'introduction a été faite électriquement, beaucoup plus tard que par tout autre procédé, et se continue beaucoup plus longtemps. On peut donc supposer que, pour certains corps, les masses introduites sont surtout emmagasinées au niveau des couches superficielles et diffusent lentement à la suite de la séance. Elles viennent ainsi apporter au niveau de la région malade des doses légères, mais répétées incessamment, de la substance active.

Ce qui serait en faveur de cette manière de voir est le fait constaté par Savy que le lithium introduit par électrolyse commence à s'éliminer plus rapidement si l'on fait un massage de la peau.

Si donc la physique montre que l'électricité est, pour certaines affections, incapable de porter directement par elle-même le médicament au point malade, il ne s'ensuit pas que, même en ces cas, l'introduction électrolytique ne soit pas capable d'ajouter quelque chose aux bons effets du courant employé seul.

## II. — RÉFLEXIONS D'ORDRE CLINIQUE

Dans l'ionothérapie électrique, on a surtout eu en vue l'introduction d'un médicament à l'aide du courant électrique, mais on s'est fort peu préoccupé du courant lui-même. On le considère comme un « véhicule », et on ne paraît pas lui concéder une importance plus grande que celle que l'on attribue à l'eau d'une potion. Dans tous les travaux effectués sur cette question, les auteurs insistent sur le choix du médicament, le degré de la solution, le pôle auquel il doit être placé afin qu'il puisse pénétrer dans l'organisme : toute cette partie est l'objet de leur minutieuse sollicitude. Du courant, il en est bien question pour l'intensité à débiter et la durée de la séance, mais avec l'unique préoccupation d'obtenir le nombre de coulombs nécessaire pour provoquer le passage des ions. Si on préconise une intensité élevée et des séances longues, c'est uniquement pour favoriser le plus possible le passage de ces ions, qui, comme on le sait, cheminent et se déplacent avec lenteur.

Par un oubli, que seul peut expliquer l'engouement bien légitime pour l'ionothérapie électrique, on paraît totalement laisser de côté l'action du courant lui-même, que les anciens, avec Remak, par exemple, avaient considéré comme loin d'être négligeable, fait que les travaux modernes n'ont pu que pleinement confirmer.

A notre avis, cet oubli est injustifié, et nous revendiquons hautement pour le courant continu, dont on a fait le mo-

deste collaborateur des médicaments, une place au moins égale et, dans beaucoup de cas, supérieure même, au point de vue de l'action thérapeutique, à ces médicaments eux-mêmes.

Nous savons que le passage du courant continu dans les tissus est intimement lié au passage des ions : il ne peut pas y avoir d'application galvanique sans passage d'ions, et, depuis Volta et Galvani, tout le monde a fait de l'ionothérapie sans le savoir.

Mais si, dans une première expérience, on fait passer un courant à travers le corps avec de l'eau commune (comme on le pratique journellement), qui contient des ions qui n'appartiennent pas à des médicaments ayant une action thérapeutique spéciale, on ne fait pas d'électrolyse d'ions médicamenteux, mais l'électrolyse des substances de l'organisme, et il se produit fatalement de l' « ionothérapie indifférente ». D'autre part, le courant lui-même (point tout à fait important) détermine diverses réactions physiologiques dont la clinique a démontré depuis longtemps l'importance, admises par tout le monde et indiscutables.

Si, dans une deuxième expérience, on utilise non plus de l'eau commune, mais une solution ayant une action médicamenteuse quelconque, on fait de l'« ionothérapie médicamenteuse ».

Les deux actions — celle du médicament et celle du courant — s'additionnent l'une l'autre, mais il est injuste de tenir compte uniquement de la première, comme nous allons le discuter maintenant.

Si, à l'aide du courant continu seul, sans adjonction d'ions médicamenteux, on arrive à reproduire sensiblement les mêmes résultats thérapeutiques qu'on obtient dans des cas à peu près identiques en clinique, quand on ajoute au courant des ions médicamenteux, on peut conclure à l'action indiscutable du courant employé seul.

Les faits de ce genre abondent ; nous n'en citerons que quelques-uns. En regard des cas de guérison de tic douloureux de la face, de névralgie faciale grave par l'ionisation salicylée, on peut placer les guérisons obtenues par le procédé de Bergonié avec le courant continu à intensité élevée, sans adjonction d'ions médicamenteux. Il en est ainsi pour d'autres affections du système nerveux où le symptôme douleur est prédominant. Nous savons depuis longtemps que l'action du courant continu à hautes intensités, sans adjonction d'ions médicamenteux, guérit les sciatiques rebelles, à condition d'utiliser des intensités élevées (50, 60, 80 milliampères) et un temps long [une demi-heure à une heure (Doumer, Weill, Laquerrière, Delherm, etc.)]. La formule « intensité élevée, temps long » pour les applications galvaniques dans les névralgies graves et qui donne de si excellents résultats est préci-

sément celle qu'emploient dans leur technique, mais sans paraître y attacher d'importance suffisante, ceux qui adjoignent au courant des solutions médicamenteuses.

Nous venons de voir que l'importance de cette formule est loin d'être négligeable pour les névralgies; il en est de même dans les arthrites douloureuses. Sans remonter plus haut, Becquerel, Remak, etc., ont, il y a longtemps, donné des preuves irréfutables de l'action du courant continu sur les inflammations articulaires, et Remak développe longuement, dans son livre, les propriétés « antiphlegmasiques » du courant. Nous-mêmes avons montré, il y a quelques années, que cette action antiphlegmasique pouvait s'étendre aux arthrites les plus graves : à la forme Duplay-Brun de l'arthrite blennorragique, qu'on guérit, si on la soigne dans les premiers jours, en pleine phlegmasie, sans raideur et sans ankylose. Le même Remak a insisté sur l'action anti-ankylosante du courant qu'il a si largement utilisé avec succès dans les empâtements articulaires rhumatismaux et goutteux et aussi dans les ankyloses; et, depuis, bien des auteurs ont été à même de contrôler et de confirmer ses résultats.

Il nous paraît donc amplement démontré, par ces quelques exemples, que l'action du courant employé sans ions médicamenteux a une valeur très réelle, et que, surtout quand les conditions d' « intensité convenable et de temps long » sont remplies, on peut obtenir précisément à peu près les mêmes, résultats que ceux que l'on obtient avec le courant employé, dans les mêmes conditions, avec adjonction d'ions thérapeutiques.

Est-ce à dire que l'addition de l'ion thérapeutique au courant est inutile ou indifférente? Telle n'est pas notre pensée. Nous croyons fermement qu'il y a un avantage certain à utiliser les ions médicamenteux, puisque, leur pénétration dans les tissus étant indiscutable, leur cheminement assez lent, on peut localiser sur une région donnée une dose assez appréciable de médicament, précisément au point où elle est le plus utile et le plus nécessaire, et spécialement dans les affections superficielles.

Mais nous tenions à dégager l'action propre et réelle du courant continu.

Il est bien évident que la connaissance mieux approfondie de la question des ions en thérapeutique modifiera souvent la manière de procéder aux applications galvaniques. Au lieu de tremper les électrodes dans des solutions indifférentes, dans de l'eau chaude par exemple, il sera souvent préférable, surtout dans les affections superficielles, de les imbiber d'une solution médicamenteuse adéquate à la maladie à traiter. On additionnera ainsi l'action du courant avec l'action de l'ion médicamenteux, et cette manière de faire,

toute logique, ne peut que donner les meilleurs résultats. Dans bien des cas, en effet, comme le remarquent Bergonié, Dubois de Saujon, etc., là où la galvanisation seule ne donnait pas tous les résultats désirés, la galvanisation effectuée avec un ion médicamenteux a pu lui être substituée avec plus de succès.

En somme, nous considérons que l'action du courant continu est le facteur principal, mais que l'introduction de médicaments grâce à son passage est un adjuvant souvent utile.

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

756-07. — Corbeil. Imprimerie Ed. Crété.

*tologie*. Les Rayons de Röntgen reçoivent chaque jour de nouvelles applications en médecine et en chirurgie. Les monographies du Dr Béclère, médecin des hôpitaux, le promoteur de la radiographie et de la radioscopie dans les services hospitaliers de Paris, vulgarisent cette précieuse découverte.

Les nouveaux procédés de diagnostic : le *Cytodiagnostic*, par Marcel Labbé ; la *Technique de l'exploration du tube digestif, examen des fèces* (Gaultier) ; le *Cloisonnement vésical*, par Cathelin ; les nouvelles méthodes de traitement : la *Trachéobronchoscopie* et l'*Œsophagoscopie* (Guisez) ; les *Médications préventives* (Nattan-Larrier) ; les *Traitements des entérites* ; les nouvelles recherches bactériologiques sur la *Diphtérie*, le *Rhumatisme*, le *Pneumocoque*, le *Tétanos*, l'étude des *Oxydations de l'organisme* ; la question si intéressante pour le praticien, des *Accidents du travail*, par le Dr G. Brouardel (2e édition) ; les nouveaux traitements du *Diabète* (2e édition), de la *Goutte*, de la *Syphilis* (2e édition), des *Névralgies*, de la *Surdité*, voilà autant d'actualités qui ont pris place dans la collection.

Les noms de Widal, Chantemesse, Lépine, Teissier, Courmont, Lannois, Broca, Auvray, Apert, Mosny, Legueu, Collet, Enriquez, Sicard, Garel, Marcel Labbé, Barbier, Bordier, Pousson, pour ne citer que quelques auteurs des ***ACTUALITÉS MÉDICALES***, sont connus de tous les médecins, tant en France qu'à l'étranger ; ils ont tous une haute compétence pour les sujets qu'ils traitent.

Toutes les fois que le sujet le comporte, des *figures originales* sont intercalées dans le texte : la plupart des ***ACTUALITÉS MÉDICALES*** sont illustrées (***37 Actualités*** sur 62 sont ***illustrées***).

Pour répandre les progrès journaliers des sciences médicales, il était nécessaire de condenser les Actualités en de petits volumes, d'un format portatif, revêtus d'un élégant cartonnage (qui supprime la nécessité de couper les pages et évite la dépense d'une reliure), et, cependant, d'un prix très modique.

### DERNIERS VOLUMES PARUS :

***La Déchloruration***, par Widal et Javal.

***L'Obésité***, par Le Noir.

***Les nouveaux traitements dans les Maladies nerveuses***, par Lannois et Porot.

### EN PRÉPARATION :

***Hygiène de l'Intestin***, par Metchnikoff.

***Traitement des Anémies***, par Vaquez et Aubertin.

***L'Artériosclérose***, par Gouget.

***L'Ionothérapie***, par Delherm et Laquerrière.

**Les Maladies du Cuir chevelu,** *prophylaxie et traitement*, par le Dr Gastou, assistant à l'hôpital Saint-Louis. 2e *édition*. 1907. 1 vol. in-16 de 96 p., 19 fig., cart. 1 fr. 50

Le but de ce livre est de donner un aperçu des maladies du cuir chevelu, d'en décrire l'hygiène, la prophylaxie et le traitement, en basant sur les données scientifiques cette étude pratique. Un formulaire cosmétique (lotions et frictions, pommades, huiles, brillantines, teintures) complète l'ouvrage. La pelade, les teignes, certaines folliculites pyogènes peuvent être transmissibles et créer des épidémies. Leur connaissance doit être vulgarisée dans l'intérêt de la prophylaxie sociale.

**Les Dilatations de l'Estomac,** par le Dr M. Soupault, médecin des hôpitaux de Paris. 1902. 1 vol. in-16 de 96 pages et 4 figures, cartonné................. 1 fr. 50

M. Soupault étudie d'abord les symptômes communs à toutes les dilatations, puis leur étiologie et leur pathogénie : dilatations d'origine pylorique, dilatations de cause extrinsèque, dilatations par insuffisance de la contraction des parois gastriques. Le traitement qui intéresse surtout le praticien, comprend la moitié du volume : prescriptions d'hygiène ou de régime qui concernent toutes les variétés de dilatations ; traitement spécial des dilatations d'origine pylorique et des dilatations par insuffisance.

**L'Appendicite,** *Formes et Traitement*, par le Dr Aug. Broca, agrégé à la Faculté de Paris, chirurgien de l'hôpital Tenon. 1900. 1 vol. in-16, 96 pages, 8 figures, cart. 1 fr. 50

Montrer qu'il y a des formes diverses d'appendicite auxquelles ne saurait convenir toujours la même indication thérapeutique, voilà le but que se propose M. Broca. Le traitement varie dans ses indications et dans sa technique, selon la forme de la lésion.

Il expose les désaccords entre les *partisans* du traitement médical, les *radicaux*, qui opèrent toujours et de suite, et les *temporisateurs* (Roux, Brun, Jalaguier et Broca), qui, tout en disant : « Il n'y a pas de traitement médical de l'appendicite », ne veulent pas opérer toujours et de suite. Il examine les détails relatifs au traitement chirurgical, et il décrit le manuel opératoire *type*, en quelques pages remarquables de précision.

**Diagnostic de l'Appendicite,** par le Dr M. Auvray, agrégé à la Faculté de Paris, chirurgien des hôpitaux. 1904. 1 vol. in-16, 96 pages, cartonné................. 1 fr. 50

On s'est moins préoccupé dans ces dernières années du diagnostic de l'appendicite que de son traitement, malgré tout l'intérêt qui s'attache à cette question clinique trop négligée dans la plupart des livres classiques. A lire nombre d'auteurs, il semblerait en effet que le diagnostic de l'appendicite ne présente pas de sérieuses difficultés, et cependant il suffit de parcourir les bulletins de nos sociétés savantes pour voir combien d'erreurs pourraient être relevées, qui ont été commises par des cliniciens du plus grand mérite. Il a semblé qu'une étude complète du diagnostic de l'appendicite ne serait pas sans intérêt.

**La Cure de Déchloruration** dans le Mal de Bright et dans quelques maladies hydropigènes, par le Dr Fernand WIDAL, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Cochin et le Dr Adolphe JAVAL. 1906. 1 vol. in-16 de 96 pages, cart.................. 1 fr. 50

Les Drs Widal et Javal exposent les principes et les applications de la cure de déchloruration dont ils ont été les promoteurs. Cette méthode diététique qui a pour base la restriction des chlorures alimentaires est aujourd'hui d'une application courante.

En dehors du Mal de Bright, les régimes hypochlorés ont trouvé leur application dans les cardiopathies, les ascites, les phlébites, les dermatites.

La pratique de la cure de déchloruration exige des notions préalables sur les besoins de l'organisme en sel, sur l'équilibre chloré et les rapports entre la chloruration et l'hydratation, sur l'imperméabilité rénale relative pour les chlorures, sur la nature des accidents relevant de la rétention chlorurée.

**La Diphtérie,** *Bactériologie et Clinique, Prophylaxie et Traitement*, par les Drs H. BARBIER, médecin de l'hôpital Hérold, et G. ULMANN, ancien interne des hôpitaux de Paris. 1899. 1 vol. in-16, 96 pages, 7 figures, cart...... 1 fr. 50

Appelés l'un et l'autre à diriger pendant plusieurs mois un service de diphtérie à l'hôpital Trousseau, les auteurs ont consigné dans ce volume les faits nouveaux qu'ils ont pu constater dans l'étude de cette maladie.

1° Au point de vue bactériologique, ils ont établi que seul le bacille long, touffu, était le vrai bacille de la diphtérie.

2° Au point de vue clinique, ils ont distingué les diphtéries pures des diphtéries associées.

3° Au point de vue thérapeutique, ils ont montré que le sérum antidiphtérique, tout puissant contre la diphtérie pure, est inefficace contre la diphtérie associée, qui, elle, relève de la médication antiseptique.

**Traitement de la Syphilis,** par le Dr EMERY, ancien chef de clinique de la Faculté de Paris. Préface de M. le professeur FOURNIER. 2e *édition*. 1905. 1 vol. in-16, 96 pages, cart.......................................... 1 fr. 50

Voici le titre des principaux chapitres : Hygiène du syphilitique. — Traitement mercuriel : action préventive, accidents et inconvénients; modes d'administration (frictions, méthodes cutanées, accessoires, ingestion, injections), avantages et inconvénients, mode d'administration. — Traitement ioduré : traitement des manifestations cutanées et muqueuses.

**Le Traitement de la Constipation,** par le Dr FROUSSARD, ancien interne des hôpitaux de Paris. 1903. 1 vol. in-16 de 96 pages, cartonné.............. 1 fr. 50

L'auteur, se basant sur les formes cliniques et les causes variées de la constipation, en montre la grande diversité d'origine, le mécanisme variable, et déduit un traitement méthodique et rationnel. Ce petit traité de la constipation répond aux tendances actuelles de la clinique et de la thérapeutique qui a pour but la recherche et la guérison des causes des maladies par l'hygiène plutôt que par les médicaments.

**Technique de l'Exploration du Tube digestif,** par le Dr Gaultier, ancien interne lauréat des hôpitaux de Paris. 1905. 1 vol. in-16 de 96 pages, avec 13 fig., cart. 1 fr. 50

On trouvera dans cette *Actualité les méthodes d'exploration clinique* de l'estomac et de l'intestin, les *méthodes de laboratoire* relatives à l'exploration des maladies du tube digestif, c'est-à-dire l'*analyse du suc gastrique* et l'*examen des fèces*. Le premier est de pratique courante.

Le second, la *coprologie clinique*, branche d'une science pour ainsi dire nouvelle en France, a acquis une importance suffisante pour qu'on ait le droit de lui donner la place qu'elle mérite à côté des autres méthodes scientifiques qui viennent en aide au diagnostic.

---

**Les Traitements des Entérites,** par le Dr M. Jouaust. 1905. 1 vol. in-16 de 96 pages, cart. 1 fr. 50

Les régimes alimentaires sont tout d'abord longuement passés en revue. Viennent ensuite les traitements médicamenteux contre la constipation ou la diarrhée, et contre le spasme et la douleur; puis les traitements par les agents physiques (lavages, hydrothérapie, massage, ceinture), enfin le traitement chirurgical. Les chapitres suivants traitent de la psychothérapie, de l'isolement et des cures d'air, puis des stations thermales françaises et étrangères, enfin de l'électrothérapie.

---

**Trachéobronchoscopie et Œsophagoscopie,** par le Dr Guisez, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef des travaux d'oto-rhino-laryngologie à la clinique chirurgicale de l'Hôtel-Dieu. 1905. 1 vol. in-16, 96 pages et 20 figures, cartonné........................................ 1 fr. 50

C'est une méthode toute nouvelle qui fera bientôt partie de la pratique journalière du praticien. Il était donc nécessaire d'exposer sa technique et ses résultats. Nul n'était mieux désigné pour cela que le Dr Guisez.

Voici les principaux chapitres : Instrumentation, Technique de l'œsophagoscopie, Indications de l'œsophagoscopie, Technique de la laryngo-trachéobronchoscopie, Indications et résultats de la trachéobronchoscopie, Contre-indications de l'œsophagosoopie et de la bronchoscopie.

---

**La Démence précoce,** par le Dr G. Deny, médecin de la Salpêtrière et P. Roy, interne des hôpitaux de Paris. 1 vol. in-16 de 96 pages avec 11 photographies, cartonné. 1 fr. 50

MM. Deny et Roy croient que, malgré le polymorphisme de ses symptômes, la démence précoce constitue une affection autonome, à évolution spéciale, qui doit être détachée du bloc des psychoses de *dégénérescence*.

**Les Folies intermittentes. La Folie maniaque dépressive,** par les Drs G. Deny et P. Camus, interne des hôpitaux de Paris. 1907. 1 vol. in-16, 96 pages, avec fig., cartonné.......................... 1 fr. 50

---

**Les Rayons de Röntgen et le Diagnostic de la Tuberculose,** par le Dr A. Béclère, médecin de l'hôpital Saint-Antoine. 1899. 1 vol. in-16, 96 pages et 9 figures, cartonné.......................... 1 fr. 50

M. Béclère montre d'abord ce que donne la radiographie d'un thorax normal; les poumons sont transparents. Il examine les cas de diagnostic de tuberculose : la tuberculose latente, soupçonnée par une diminution de la transparence; le diagnostic de la tuberculose latente, alors qu'aucun symptôme n'existe, peut avoir une importance immense. Viennent ensuite la tuberculose douteuse que confirme la radiographie, la tuberculose certaine où les rayons de Röntgen ne servent plus qu'à délimiter le mal; M. Béclère termine cette étude par la différenciation de la tuberculose avec les maladies simulant la tuberculose.

---

**Les Rayons de Röntgen et le Diagnostic des affections thoraciques non tuberculeuses,** par A. Béclère, médecin de l'hôpital Saint-Antoine. 1901. 1 vol. in-16, 96 pages, 10 figures, cartonné........ 1 fr. 50

Les renseignements donnés par l'oreille et la main (auscultation, percussion) pourront désormais être contrôlés par les yeux qui permettront de se rendre compte de la situation, de la forme, du volume de chaque organe. L'examen radioscopique et la radiographie doivent compter au nombre des modes d'exploration pour le diagnostic des affections du médiastin, des maladies des poumons (emphysème, sclérose, bronchites), et des plèvres, du diaphragme et des côtes.

---

**Les Rayons de Röntgen et le Diagnostic des maladies internes,** par le Dr A. Béclère, médecin de l'hôpital Saint-Antoine. 1904. 1 vol. in-16, 96 pages et figures, cartonné.......................... 1 fr. 50

« L'emploi des rayons de Röntgen, qui rendait au chirurgien de si grands services, est devenu tout aussi précieux pour le médecin. »

L'emploi médical des rayons de Röntgen comme instrument de diagnostic s'applique soit au squelette et aux autres éléments de l'appareil locomoteur, soit aux organes splanchniques.

Aux diverses cavités splanchniques, aux cavités cranienne, rachidienne, thoracique et abdominale, correspondent autant de divisions d'une importance très inégale et qui ne relèvent pas de la même technique.

---

**La Radiographie et la Radioscopie cliniques,** par le Dr Régnier, chef du Laboratoire de radioscopie à la Charité. 1899. 1 vol. in-16, 96 pages et 11 fig., cart. 1 fr. 50

L'auteur décrit le mode de production des rayons X, le matériel nécessaire, la technique de la radioscopie et de la radiographie. Puis il en indique les applications médicales et chirurgicales, en indiquant, à propos de chaque région, le *modus faciendi* et les causes d'insuccès.

---

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE

**Le Tétanos,** par les Drs J. Courmont et M. Doyon, professeur et professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon. 1899. 1 vol. in-16, 96 pages, avec figures, cart. **1 fr. 50**

Les auteurs étudient le *poison tétanique*, le *tétanos expérimental par injection de toxine tétanique*, le *mode d'action de la toxine*, la *localisation des effets de la toxine*, les *lésions nerveuses chez les tétaniques*.

Un chapitre est consacré au diagnostic et au pronostic, et l'ouvrage se termine par le traitement au sérum antitétanique.

« Il y a dix ans, disent les auteurs, en terminant, aucune ligne de ce livre n'aurait pu être écrite. »

« Combien d'idées nouvelles et de faits intéressants sont exposés dans le livre de MM. Courmont et Doyon. L'ouvrage est écrit d'une façon claire et attachante. Nous ne saurions trop en recommander la lecture à ceux qui s'intéressent aux conquêtes de la science moderne. » (*La Presse médicale.*)

**Le Rhumatisme articulaire aigu** *en bactériologie,* par les Drs H. Triboulet, médecin des hôpitaux de Paris, et A. Coyon, ancien interne des hôpitaux. 1900. 1 vol. in-16, 96 pages, avec figures, cartonné............ **1 fr. 50**

L'infection secondaire est vraisemblablement la seule raison d'être des différences cliniques qui s'observent dans l'évolution des polyarthrites fébriles aiguës, à début souvent identique. Cette infection, la bactériologie la révèle par la présence de germes variés : bacille d'Achalme, diplococcus et quelquefois staphylocoques qui font les complications viscérales. Les auteurs attirent l'attention sur un diplococcus, hôte du tractus gastro-intestinal, qui peut passer dans le sang et donner lieu à des phénomènes de septicémie, parmi lesquels l'endocardite dite rhumatismale.

**Le Pneumocoque,** par Lippmann, interne des hôpitaux de Paris. Introduction par le Dr Duflocq, médecin des hôpitaux de Paris. 1900. 1 vol. in-16, 96 p. et fig., cart. **1 fr. 50**

Le temps n'est plus où l'on reconnaissait au pneumocoque le *seul droit* de *faire* de la pneumonie. Nous savons que ce genre peut déterminer les localisations les plus diverses. Nous savons aussi que chacune de ces localisations nécessite une thérapeutique spéciale, basée sur un diagnostic bactériologique *exact.* D'où l'intérêt de l'excellente monographie de M. Lippmann, où il étudie le genre pneumocoque, les pneumococcies expérimentales et les pneumococcies humaines.

**Les Oxydations de l'Organisme (oxydases),** par E. Enriquez et J.-A. Sicard, médecins des hôpitaux de Paris. 1902. 1 vol. in-16, 96 pages, cartonné....... **1 fr. 50**

Après quelques généralités sur les ferments solubles et sur l'importance des ferments oxydants, les auteurs exposent les méthodes employées pour la recherche de ces ferments oxydants directs et indirects. Puis, ils indiquent la recherche des oxydases dans les tissus et les humeurs de l'homme, par les réactifs colorants, et surtout au moyen de l'aldéhyde salicylique et de la mensuration des gaz absorbés et produits.

**Les États neurasthéniques,** *formes cliniques, diagnostic, traitement*, par GILLES DE LA TOURETTE, professeur agrégé à la Faculté de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine, *2e édition*. 1900. 1 vol. in-16, 96 p., cart. **1 fr. 50**

**Les Myélites syphilitiques,** *formes cliniques et traitement*, par GILLES DE LA TOURETTE, agrégé à la Faculté de Paris. 1899. 1 vol. in-16, 92 pages, cartonné.... **1 fr. 50**

Les formes cliniques de la syphilis médullaire sont nombreuses : Mal de Pott syphilitique, gommes intravertébrales, myélites proprement dites, syphilis maligne précoce du système nerveux, myélites aiguës et chroniques et myélites à formes irrégulières.

**Le Traitement pratique de l'Epilepsie,** par GILLES DE LA TOURETTE. 1901. 1 vol. in-16, 96 p., cart. **1 fr. 50**

L'épilepsie est justiciable des sels de bromure : c'est le meilleur, sinon le seul traitement à mettre en œuvre. Mais il faut savoir administrer les sels de bromure ; il faut n'en donner ni trop, ni trop peu ; la dose qui guérit, la dose suffisante de bromure s'établit sur certain signe physique fourni par les pupilles. L'hygiène des épileptiques fait l'objet d'un chapitre. Puis viennent les adjuvants de la cure bromurée, le traitement des accès, le traitement de quelques variétés d'épilepsie, etc.

**Le Traitement des Névralgies et des Névrites,** par le Dr H.-F. PLICQUE, ancien interne des hôpitaux de Paris. 1902. 1 vol. in-16 de 96 pages, cart. **1 fr. 50**

L'auteur passe en revue les *indications thérapeutiques fournies par l'étiologie* : syphilis, paludisme, anémies, névroses, diabète, goutte, intoxications, etc., puis les *indications thérapeutiques* en général. *Le traitement de la douleur* est longuement étudié : traitement externe par la révulsion, le chlorure de méthyle, le stypage, l'électricité, le massage, etc. ; — traitement interne par l'opium, la morphine, l'aconit, la belladone, le gelsémium, l'antipyrine, la cocaïne, etc. ; — traitement thermal. — Le *traitement de l'insomnie* vient ensuite.

Les chapitres suivants sont consacrés à la *névralgie faciale* et au tic douloureux de la face, puis aux névralgies du membre inférieur et à la *sciatique*, aux névralgies et névrites des divers nerfs, à la *migraine*.

**Les Thérapeutiques récentes dans les maladies nerveuses,** par les Drs LANNOIS, professeur agrégé et POROT, chef de clinique à la Faculté de médecine de Lyon. 1 vol. in-16 de 96 pages, cart.... **1 fr. 50**

Voici un aperçu des matières traitées :

I. Les thérapeutiques rachidiennes. Ponction lombaire évacuatrice. Injections sous-arachnoïdiennes. Injections épidurales.
II. La rééducation et le traitement des tics.
III. Les injections mercurielles dans la syphilis nerveuse.
IV. Le traitement arsenical de la chorée.
V. Les injections gazeuses dans les névralgies et les névrites.
VI. Thérapeutiques chirurgicales récentes.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE

**Le Cytodiagnostic,** les méthodes d'examen des sérosités pathologiques et du liquide céphalo-rachidien, par le Dr Marcel LABBÉ, agregé à la Faculté de médecine, médecin des hôpitaux de Paris. 1904. 1 vol. in-16, 96 p., cart. **1 fr. 50**

L'examen des sérosités pathologiques a fait, dans ces dernières années, de très grands progrès. Les précautions antiseptiques ont rendu inoffensives les *ponctions exploratrices* faites dans les séreuses, de sorte que ces interventions sont aujourd'hui pratiquées non plus seulement dans un but thérapeutique, mais dans une intention diagnostique.

La *ponction lombaire* a, au point de vue diagnostique, une grande valeur en permettant d'étudier chez l'individu vivant les infections et les réactions organiques qui se passent au sein du système nerveux. Après avoir traité de l'examen des sérosités pathologiques, M. Labbé expose la technique et les résultats de l'examen du liquide céphalo-rachidien obtenu par ponction lombaire.

**Le Sang,** par le Dr Marcel LABBÉ, médecin des hôpitaux de Paris. 1902. 1 vol. in-16 de 96 pages et fig., cart. **1 fr. 50**

M. Labbé expose l'orientation nouvelle donnée aux recherches et aux études sur le sang; les principes de la technique qui a présidé à ces recherches; enfin, les résultats généraux obtenus.

Voici les trois grandes divisions du livre : 1° Importance du rôle que joue dans l'organisme le sang. 2° Composition du sang. Équilibre physiologique de cette composition. Modifications apportées à cet équilibre par les états pathologiques. 3° Processus qui président à la naissance et à la mort du sang.

**La Protection de la Santé publique.** *Loi et Commentaires de la Loi et des Règlements d'administration,* par le Dr MOSNY, médecin des hôpitaux de Paris. 1904. 1 vol. in-16 de 96 pages, cart........................... **1 fr. 50**

La France était, jusqu'à ces derniers temps, la seule des nations civilisées qui ne possédât pas de législation sanitaire. Elle en possède une depuis le 15 février 1902. La présente étude critique n'est pas un commentaire juridique de cette loi. L'auteur se place uniquement au point de vue de l'hygiène sociale. Il ne suit donc pas le texte de la loi, mais passe en revue les quelques questions d'hygiène sociale plus particulièrement envisagées et résolues par la loi.

L'auteur étudie tour à tour : 1° Le règlement sanitaire communal; 2° l'assainissement communal; 3° la salubrité des immeubles; 4° la prophylaxie des maladies transmissibles; 5° l'administration sanitaire.

**Les Accidents du Travail.** *Guide du médecin,* par Georges BROUARDEL, médecin des hôpitaux de Paris, médecin-expert près le tribunal de la Seine. 2e *édition,* 1907. 1 vol. in-16 de 96 pages, cart... ................. **1 fr. 50**

Depuis la première édition de cet ouvrage, la loi sur les accidents du travail a subi des modifications qui ont nécessité une refonte complète de l'ouvrage. Cette loi nécessite, en nombre de cas, l'intervention du médecin; il était donc utile de réunir en une sorte de guide, d'une part l'exposé même de la loi, et d'autre part l'étude des faits qui demandent une appréciation médicale.

**Chirurgie intestinale d'urgence,** par le Dr A. Mouchet, chef de clinique à la Faculté de médecine de Paris. 1903. 1 vol. in-16, 96 pages et 23 fig., cart. 1 fr. 50

L'auteur passe successivement en revue les contusions et les plaies de l'abdomen, l'occlusion intestinale, l'appendicite, l'imperforation anorectale, l'étranglement hémorroïdaire, les hernies étranglées et les hernies gangrenées. — Pour chaque maladie, les indications opératoires sont tout d'abord exposées avec précision et clarté. Puis la technique opératoire est décrite, d'après les travaux les plus récents, et illustrée de nombreuses figures originales intercalées dans le texte.

**Chirurgie nerveuse d'urgence,** par le Dr A. Chipault. 1904. 1 vol. in-16 de 96 pages, cart........ 1 fr. 50

Chirurgie de diagnostics patients d'interventions longuement calculées dans la plupart des cas, la chirurgie du système nerveux n'en doit pas moins être parfois une chirurgie d'urgence, c'est-à-dire une chirurgie dont les indications demandent à être saisies et remplies par tous.

Le volume de M. Chipault a pour but de délimiter le domaine dans lequel doit s'exercer cette activé hâtive, et de l'y guider ; c'est une étude claire et pratique.

**Le Canal vagino-péritonéal,** *Diagnostic et traitement de la hernie inguinale et des hydrocèles congénitales, de l'ectopie testiculaire,* par le Dr P. Villemin, chirurgien des hôpitaux de Paris. 1904. 1 vol. in-16 de 96 pages, 17 figures, cartonné.......................................... 1 fr. 50

Le canal vagino-péritonéal reste perméable : c'est, à échéance variable, l'apparition de la hernie inguinale congénitale, de l'hydrocèle communicante ; le canal vagino-péritonéal est en partie oblitéré : c'est l'hydrocèle enkystée du cordon et la hernie funiculaire ; le canal vagino-péritonéal est imparfaitement descendu : c'est l'ectopie avec la hernie presque obligatoire. Au point de vue clinique, c'est toujours une tumeur siégeant au niveau du cordon, et dans laquelle il faudra trouver les caractères propres à en déterminer la nature. Enfin, l'idée directrice de toute thérapeutique découle de la présence d'un sac péritonéal contenant, ou appelé à contenir une anse herniée ; c'est la cure radicale qui s'impose.

**La Gastrostomie,** par le Dr J. Braquehaye, agrégé à la Faculté de Bordeaux, chirurgien de l'hôpital de Tunis. 1900. 1 vol. in-16 de 96 pages et figures, cartonné...... 1 fr. 50

L'auteur décrit d'abord la gastrostomie simple, schématique, puis il passe en revue les 24 procédés actuels des chirurgiens français et étrangers. Il parle ensuite des soins consécutifs à l'opération, du traitement des accidents immédiats et des résultats cliniques.

**Chirurgie des Voies biliaires,** par le Dr Pauchet, chirurgien des hôpitaux d'Amiens. 1900. 1 vol. in-16 de 96 pages, avec figures, cartonné............ 1 fr. 50

Qu'il s'agisse de faire disparaître des accès répétés de coliques hépatiques, de lever un obstacle au cours de la bile chez un sujet ictérique, ou de drainer la vésicule chez un malade atteint d'une affection de l'arbre biliaire, les indications opératoires sont multiples.

**Les Rayons N et les Rayons N′,** par le Dr Bordier, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon. 1905. 1 vol. in-16 de 95 pages et 16 figures, cart.. **1 fr. 50**

Les découvertes de MM. Blondlot et Charpentier passionnent les esprits ; or, jusqu'à présent, ce n'est que dans les journaux ou dans des articles peu détaillés qu'ont dû puiser ceux qu'intéresse cette question.

M. Bordier a rassemblé dans cette *Actualité médicale* tout ce qui a été publié sur les rayons N ; il l'a ordonné avec la clarté, la précision et la compétence dont il a déjà fait preuve dans ses autres publications.

**Traitement chirurgical des Néphrites médicales,** par le Dr A. Pousson, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Bordeaux. 1904. 1 vol. in-16 de 96 pages, cartonné.......................... **1 fr. 50**

Le traitement chirurgical des néphrites médicales a tout d'abord provoqué la méfiance des médecins ; cependant les résultats obtenus dans les néphrites infectieuses aiguës et dans les néphrites chroniques ont fini par forcer leur attention ; cette question a suscité dans ces derniers temps des expériences fort intéressantes et soulevé des discussions de la part des cliniciens les plus compétents.

**Radiothérapie et Photothérapie,** par le Dr L. Régnier, chef du Laboratoire d'électrothérapie de l'hôpital de La Charité. 1902. 1 vol. in-16 de 96 pages et fig., cartonné................................ **1 fr. 50**

Le Dr Régnier étudie l'héliothérapie et l'électro-photothérapie ; il décrit les appareils inventés pour les bains de lumière artificielle et leurs effets physiologiques. Puis il passe aux indications thérapeutiques de la photothérapie et de la radiothérapie. Il termine par l'étude de la radiothérapie.

**La Mécanothérapie,** *Application du mouvement à la Cure des maladies*, par le Dr L.-R. Régnier. 1901. 1 vol. in-16, de 92 pages avec figures, cartonné......... **1 fr. 50**

L'auteur passe d'abord en revue les appareils employés : appareils à mouvements actifs et à mouvements passifs, appareils électriques pour le massage vibratoire et appareils d'orthopédie. Puis il fait connaître les effets thérapeutiques de la mécanothérapie, ses indications et ses contre-indications dans les diverses maladies.

**Le Rein mobile,** par le Dr F. Legueu, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. 1 vol. in-16 de 96 pages avec figures, cartonné......................... **1 fr. 50**

Le Dr Legueu passe en revue les sujets suivants :

Le rein mobile et les éléments de fixation du rein. Les lésions. Les causes. Clinique. Diagnostic. Complications : appendicite, hématurie, néoplasme, tuberculose, hydronéphrose, etc.

Le traitement du rein mobile forme la partie principale du volume. Après quelques pages sur le bandage et le massage, le Dr Legueu étudie l'opération de la néphrorraphie. Il décrit le procédé modifié de Guyon, auquel il a recours, puis les suites opératoires. Il termine par l'étude du rein mobile compliqué.

548-07. — CORBEIL Imprimerie ED. CRÉTÉ.

## Nouveau

# Traité de Médecine

